動植物生活中的微量元素

下　冊

A. П. 維諾格拉多夫主編

科學出版社

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ВСЕСОЮЗНАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

(Труды Конференции по микроэлементам 15—19 марта 1950 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1952

动植物生活中的微量元素

（下　册）

A. П. 維諾格拉多夫 主編

鄧鴻舉　張旭州　陳业文 譯

科　学　出　版　社

1958





內容提要

这本文集（包括本社 1957年 6月出版的上册）是 1950 年 3月召开的全苏第一次微量元素会議的資料。本册包括了論述各种微量元素在不同条件下的使用及其对动植物的生理作用等問題的 14 篇論文。对农业化学、作物栽培学和动物飼养学工作者有很大的參考价值。

动植物生活中的微量元素

原編者　[苏] 維諾格拉多夫
翻譯者　鄧鴻举　張旭州　陳业文
出版者　科学出版社
北京朝陽門大街 117 号
北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 号
原文出版者　苏联科学院出版社
印刷者　中國科學院印刷廠
总經售　新华書店

1958年 10月第一版　書号：1419
1958年 10月第一次印刷　字數：200,000
(京) 精：1— 480　开本：850×1168 1/32
平：1—1,050　印張：7 3/4　插頁：2

定价：(10) 精装本 1.80 元
平装本 1.30 元

目　　录

微量元素在植物体与环境之間的主要分佈規律

A. П. 維諾格拉多夫

一

化学元素中的微量元素系指有机体、土壤、水和岩石中数量极少的各种化合物，从地質化学观点来看，就是通常所指的稀有和扩散性化学元素。

“微量元素”这个名称在某种程度上不是一成不变的，例如，土壤和岩石里大量存在的矽、鋁、鉄等元素，在有机体內的含量就不太多。但在科学术語中仍普遍採用“微量元素”这个名詞，例如，在农业技术术語中也广泛流行着“微量元素肥料”这个名詞。

在自然界中所遇到的微量元素，除极少数外（如 O_2、N_2、碘等），多半不是游离状态的化学元素，而是呈化合物状态。因此，只要我們提到“化学元素”，就是指它們在自然界中所有可能出現的形态。

微量元素有很重大的生物学作用。人和家畜的健康，高額的作物产量常与土壤里含有某些微量元素有关。

有許多微量元素包含在所謂补助物質的組成里（目前已多少分离出一些純粹的物質），如呼吸色素、維生素、激素（荷尔蒙）、酶、輔酶以及許多其他調节高等生物生命过程的物質。

下面举几个例子（表 1）。

我們把生物圈中某些化学元素的地球化学分析作为本文的依据。从本文只能看出微量元素在植物体与土壤之間的主要分佈規律。因此，有些个别問題如化学元素的綜合影响、它們的影响与其他环境因素的关系、不同有机体的化学成分、某些微量元素的含量以及

表 1 在有機體內有重要生理作用的金屬和非金屬有機化合物

元素	化合物及其發生地
I	甲狀腺素——高等動物甲狀腺的激素和低等生物甲狀腺的同源體 海綿、альционарий 等的有機碘化物
Br	6-6-二溴靛藍——軟體動物的色素 海綿、альционарий 的有機溴化物
V	尾索亞門某些科的帶有 V 的呼吸色素
Mn	動植物的許多氧化酶——帶有錳的复朊(酶和輔酶)
Fe	高等動物的血紅素和低等動物類似呼吸色素的其他物質 酶:過氧化氫酶、過氧化物酶、細胞色素等
Co	維生素 B_{12}
Cu	低等動物的呼吸色素——血藍朊。高等動物的血銅蛋白和肝銅蛋白;許多衍生的胞体紫質(禽鳥羽毛的色素,蛋壳色素等);氧化酶——多酚酶——酪氨酸酶,乳糖酶,氧化酶,維生素 C 等;蛋白質
Zn	碳酐酶;蛋白質。

它們在某些植物种內的生物学代謝作用等問題,虽然很重要,但我們还不能涉及,这些都是屬于生物化学及其他科学部門的問題。

二

土壤和任何其他有机体一样,永远具有
一定的結構、正常的厚度和正常的狀态等。

B. B. 杜庫恰也夫

一切化学元素在土壤里都有一定的数量,但微量元素的含量却与形成土壤的岩石不同。在上层土壤(特别是腐殖質层)和下层土壤的化学組成內,这种差異很大。在大多数情况下,不同类型的土壤都很严格地含有一定数量的微量元素(例如,在各个土帶的土壤內,微量元素的含量一般均按一定規律而变化)。因此,我們将地球上許多土壤內微量元素的一般平均含量認为是它們在土壤里的正常含量。

微量元素含量正常的土壤佔絕大多数。在年青的土壤內，有时有一种或多种微量元素的含量超过正常的土壤含量 10 倍或 100 倍。然而某种微量元素的含量低于正常含量的土壤还很少見。因此，現在已經知道自然界里有哪些土壤缺乏某种微量元素，有哪些土壤含量正常或过多；同时也了解到在自然界中这些土壤之間的各种轉变情况。

土壤內的微量元素有两个主要来源：第一个是大多数化学元素最主要的来源——卽成土母質；第二个是极少数化学元素的来源，如来自大气、墜落的隕石、火山煙霧的元素。

母質的特性在一定程度上会影响土壤里微量元素的含量。由酸性岩石发育成的土壤富含鋰、銣、絶、鍶、鐳等元素，但鎳、鈷、銅等元素比較缺乏。由鹼性岩石发育成的土壤富含鎳、鈷、銅等元素，因为这是鹼性岩石的特徵。如果所形成的土壤靠近某种化学元素的矿床，那么它就会富含这种元素。

第二个来源——大气、墜落的隕石、火山煙霧給土壤帶来大量非金屬的微量元素，如碘、溴、硼、氟、硒、砷等。

由此可見，微量元素主要是从成土母質来到土壤里的。岩石的基質决定了土壤內某种微量元素含量的多少。气候，以至成土过程又破坏了这些微量元素最初的含量，主要是破坏了它們的結合特性和在土壤剖面上的分佈特性。这种破坏的程度和表明变化的深度决定了土壤的区域分佈情况，决定了成土过程的类型和化学元素的种类。

由于母質的风化深度和成土过程的特性不同，微量元素不是固定和积累在土壤里，就是借土壤溶液迅速自土壤游离或淋溶出来。例如，鹼金屬和鹼土金屬——鋰、銣、砷、鍶、鐳等，通常都是自土壤游离出来，几乎与这些土壤的特性沒有什么关系。大多数重金屬也是借土壤溶液淋溶出来。凡是能形成高度氧化的化合物和絡合物的微量元素（如 U^{6+}，Mo^{6+}，Se^{6+}）均有很大的移动性。

来自大气中的碘、溴、硼、氟和砷可以积累在土壤里，特别是腐殖質层內。但在土壤受到严重淋洗时，它們也会自土壤溶液里淋溶出来。土壤內还积累一些可溶性較低的风化产物，如鋇（$BaSO_4$）、釷（ThO_2）、鋯（ZrO_2）、鈦（TiO）、部分氟（CaF_2 和氟化磷）等。

土壤內含有不同形态的微量元素，多半是固态、鋁矽酸盐的柵狀結晶和其他呈同晶型混合物的普通土壤矿物，如白云母（铷、铯）、鍶和鋇的碳酸盐（碳酸鈣和碳酸鎂）、稀土类和氟——如磷灰石等。

土壤里含有的另一种形态的微量元素就是吸附在土壤胶体表面的微量元素离子。許多微量元素在土壤細粒部分——胶体上的含量要比土壤粗粒部分的含量高得多。吸附在胶体表面的微量元素可以被代換出来；同时，在土壤胶体上，不仅重金屬（如銅、鈦、錳）的含量較多，就是某些阴离子（碘、溴等）的含量也不少。由此可見，胶体含量較高的土壤必然含有較多的微量元素。代換吸附現象对于了解土壤里化学元素的习性很重要。不完全可逆的吸附作用还有更复杂的特性，正确一点說，就是在土壤胶体上用微量元素离子形成化合物。

有一部分微量元素被微生物和高等植物所吸收，或者与簡单的和复杂的土壤有机質結合在一起。实际上，任何一种与土壤有机質結合起来的化学元素化合物（所謂腐殖質）都沒有很正确的固定的化学組成。同时土壤里的微量元素在不同条件下的移动性也决定了这些結合的特性。但一般說来，土壤有机質的含量愈高，微量元素也愈多，特别是鹵素和若干重金屬。

微生物对土壤內微量元素的代換有很重要的作用，它們吸收許多微量元素，如銅、鋅、鉬、碘、硼等。当某种微量元素缺乏或过多时，微生物可以很明显地反映出来——改变新陈代謝和躯体的顏色等。有些微量元素可以消灭多种土壤微生物，而另外一些微量元素則正相反，可以促進它們发育。微生物死亡后，微量元素卽以某些未知的金屬有机化合物遺留在土壤內，被其他有机体所吸收。

最后，还有一部分在土壤溶液里呈离子状态的微量元素，其含量

在不同类型的土壤內有很大差異。目前还不知道微量元素在土壤溶液里的含量究竟有多少。然而土壤溶液是微生物和植物无机养分的主要来源。表 2 的資料是說明某些微量元素在土壤里的可溶解部分。

微量元素在土壤內的水平移动和垂直移动首先决定于是否有水溶性和水移性（водоподвижная）的微量元素，其次再看它們是否呈代換吸附状态，它們与有机体的关系，換句話說，就是土壤的水分状况（或热量状况）如何，最后要看該种土壤里的生物学过程的強度高低。而 pH 值、环境的氧化勢和其他物理、化学条件对微量元素的移动性影响很小。

表 2 某些微量元素在土壤中的總含量及其水溶性部分

元素	總含量（%）	水溶性部分佔總含量的%
B	1×10^{-3}	約 10
Mn	8.5×10^{-2}	1—10
Cu	2×10^{-3}	約 1
Zn	5×10^{-3}	約 1
As	5×10^{-4}	約 5—10
Se	1×10^{-6}	3—10
I	5×10^{-4}	約 10

从地球化学观点来看，某种类型的成土过程的特徵首先可以用成土母質矿物的破坏深度和該类型土壤的最終成分来表示。目前，关于微量元素习性的特徵至少在几种主要的区域土壤过程和土壤类型中：如灰化土、砖紅壤、草原土、碱化土、泥炭、沼泽土，已經被确定了。

大家都知道，灰化土成土过程的特点是土壤矿物（鋁矽酸盐）被破坏得很厉害，以至形成游离的氢氧化鉄、鋁和氧化矽。由于土壤水分下滲液流的作用，使鉄和鋁被冲洗到較深的土层內（形成鉄盘层，德文为 Ortstein）。Na^{1+}、Mg^{2+}、Ca^{2+} 多半从这些土壤游离出来，只有一小部分仍为代換吸附状态。研究結果証明，土壤里的铷、鋰、銫、鍶、鋇随着灰化过程而使本身的习性在某一方面与鉀的习性相似，而在另一方面又与鈣相似。

铷和鋰在上述土壤垂直剖面上的含量与鉀的含量是一致的。

鋇和鍶在岩石內的比值平均为 1，而在灰化土，尤其是上层土壤

內,比值約为 30。

这些元素在土壤內借迁徙作用而四散,鍶更容易和鈣一起自土壤游离出来。但土壤失去鈣要比失去鍶更快一些,而鋇的数量却稍有增加(形成不溶解的化合物 $BaSO_4$)。

从 C 层起,鋇与鍶的比例又恢复为 1。由此可見,这个数值可以用来衡量灰化过程的強度。

鐳:鈾的放射性平衡也完全被破坏,尤以上层土壤为甚,鐳的含量却有增加,这可能是由于鈾很快被鹼性的重碳酸盐或碳酸盐的土壤水分离出来,而鐳則可能被固定在土壤里的 $BaSO_4$ 上。这些比例关系也可以用来表示形成灰化过程的強度。一切不易溶解的化合物($BaSO_4$、SiO_2、TiO_2 等),一般都会积累在灰化土的上层土壤內。而灰化土最明显的特徵就是含硼量很低,它容易从土壤里被冲洗出去,碘和溴也有同样情况。

腐殖質层的情况就完全不同了,因为这些化学元素都可以积累在腐殖質层里。但在上述土壤內,碘的含量並不比其他元素高很多。因此我們說人类所患的一种地方病(这种疾病的分佈与灰化土帶和一些类似灰化土的山地土壤有关)是土壤內缺碘的結果。

如果其他条件相同,則重金屬(如鉄族元素的釩、鉻、錳、鎳、鈷)和鋅、銅的含量也是不高的,这正是灰化土帶(鈷、銅、碘、硼的含量都較低)的动、植物发生許多地方病的原因。只有在这些土壤的淀积层和鉄盘层內,才发現了一些上述金屬元素。微量元素在森林灰色土內的习性类似它們在灰化土內的习性。

在温帶形成灰化过程时微量元素所表現的一切地質化学特性,在亚热帶形成紅壤过程中,特别是在热帶形成砖紅壤的过程中表現得更加明显。在这些土壤內,由于鋁矽酸盐的解离和冲刷作用都很厉害,因此很难积累下 ThO_2、TiO_2 等可溶性化合物。在紅壤內,由于鋁的增加,鎵的含量也随之增多。在上述土壤內,稀有鹼金屬和鹼土金屬元素的含量都很低,而硼、碘、溴(以至硒和砷)的含量也同样

如此。

在腐殖質层內累积有碘和溴。鐳:鈾与釷:鈾以及其他成对化学元素的比例也由于下列原因而改变：在紅壤內通常是因为鉄的含量較高而使許多重金屬(如鉬、釩、鈷、鎳、銅)的含量也增加了。

我們发現，在草原土的成土过程中(如黑鈣土、栗鈣土及部分灰鈣土),微量元素的地質化学迁徙作用完全是另一种情況。这些土壤都含有很多胶体,吸附着大量的鈣,並且在有机質含量較高的情况下具有中和反应。所有这一切都通过形成化合物和胶体的吸附作用而将微量元素保持下来。因此，在这些土壤的每个縱断面上都同样含有腐殖質(胶体部分),实际上並未发現微量元素的含量有什么差異，也就是說,它們在各土层內的含量沒有显著的区别,这並不說明它們失去了迁徙作用。鍶:鋇与鐳:鈾以及其他元素的比例都接近正常，沒有显著的变动，这一点我們在被水严重冲刷的土壤內已經观察到了。碘和溴的蓄积作用(在某些地区砷和硒也如此)都相当強,碘:溴的比例不是通常的1:10,而是接近1:1了。矽与砷的积累也正是与干旱气候下的草原土，特别是灰鈣土有联系的，它們沒有被游离出来,而是固定在原地,有时参加到这些土壤的有机質里。重金屬(銅、鋅、釩等)与黑鈣土的有机質共同产生化合物。在上述土壤內，这些重金屬的含量要比它們在其他土帶內的含量高得多，硼的含量也相当高。

关于鹼化土壤和盐漬化土壤，应該再多談一些。盐漬化有一个重要的、显然也是盐漬化过程的一个普遍的地質化学特点,就是积累有硼(硼盐漬化)，这里是指我国的草原盐漬土和阿拉洛·卡斯皮窪地的荒漠土壤。在这些土壤內,含溴量或氯:溴的比例都很高。鈦在灰鈣土內的含量比起它在其他土壤內的含量要算最小了，这可能是高濃度的土壤盐类溶液影响了鈦的移动性。

泥炭、沼泽土的特点是极度潮湿,因而形成沼泽潛育土。这些土壤一般都含有丰富的有机質——泥炭,而缺乏矿物質。

有机質可以影响微量元素在土壤剖面上的分佈，当泥炭、沼泽土內含有大量有机質时，就会使很多碘和溴积累下来，因而，这两种微量元素大量存在于上述土壤內。在这些土壤內，与有机質相結合的碘和溴很难游离出来，显然，碘在这里是处于植物不能吸收的形态，可以預料到，只有在有机質強烈分解时，碘才能从这些土壤內游离出来。

我国苔原上的沼泽土很缺乏硼，这表明有机質並不能固定硼。泥炭、沼泽土一般都含有数量較少的銅。

三

一切有机体都直接或間接地参与地球表面所发生的多种多样的地質化学过程，因此，它們不能不对土壤的組成有一定的影响。但有机体的化学組成，特别是植物的化学組成並不能說明土壤的組成。有机体通过已經确立的新陈代謝作用，积极地从周围环境中取得它所需要的离子。植物組織的半透膜只允許某些离子透过，而另一些离子則不能透过。

目前可以肯定說，一切有机体（动物和植物）的組織均含有一定数量的、所有已知的（或未知的）稳定和不稳定的天然化学元素（同位素）。採用精确的研究方法就可以証明，一切有机体都含有鐳（数量为 $10^{-14}\%$）或"微量的"銀、汞等。由于在有机体內經常发現碘、錳、銅、鋅及許多其他元素，因此使人們不只一次地企图創立一种学說，以便說明为什么有些化学元素是有机体的經常組成部分，有些元素在有机体內的数量很少，而另一些元素則很难发現。但化学元素的近似生物学分类又以它的某种物理、化学特性（如原子量、离子半徑等）为依据。

可以說，化学元素及其化合物沒有一种物理、化学特性不能单独作为化学元素分类（根据其生物学作用）的依据。可以根据它們的来源及其对有机体的作用，当然也可以根据化学元素及其化合物的綜

合物理、化学特性来进行化学元素的分类。正如我們目前所看到的，这些综合特性毫无疑問是具有地質化学特性的。事实上，根据最近关于有机体的組成及微量元素在其体內含量的报导証明，大部分有机体都是由一些分布普遍而容易形成气体或水溶性化合物（离子）、並在生物圈內极易移动的化学元素的化合物組成的。其实，关于化学元素分布特性的例子可以举出很多。在土壤和地壳內有大量的矽、鋁、鈦、鋯及許多其他化学元素，它們在分布上仍留在原地，但因为它們不能形成易溶于自然雨水的化合物，因此，通常在有机体內数量也极少。鉄的数量很多，而且能产生可溶解的化合物，但当介質中

表 3　化學元素在土壤和植物體內的含量(平均 %)

元　素	在土壤內	在植物體內	元　素	在土壤內	在植物體內
O	49.00	70	Cr	2×10^{-2}	5×10^{-4}
H	—	10	V	1×10^{-2}	1×10^{-4}
Si	33.00	1.5×10^{-1}	Rb	6×10^{-3}	5×10^{-4}
Al	7.13	2×10^{-2}	Zr	3×10^{-2}	$<10^{-4}$
Na	0.63	2×10^{-2}	Ni	4×10^{-3}	5×10^{-5}
Fe	3.80	0.02	Cu	2×10^{-3}	2×10^{-4}
Ca	1.37	3×10^{-1}	Zn	5×10^{-3}	3×10^{-4}
Mg	0.60	7×10^{-2}	Co	8×10^{-4}	2×10^{-5}
K	1.36	3×10^{-1}	B	1×10^{-3}	1×10^{-4}
Ti	4.6×10^{-1}	1×10^{-4}	Pb	1×10^{-3}	$n\times10^{-5}$
C	2.0	18	As	5×10^{-4}	3×10^{-5}
P	8×10^{-2}	7×10^{-2}	Cs	5×10^{-4}	$n\times10^{-6}$
N	1×10^{-1}	3×10^{-1}	Mo	3×10^{-4}	2×10^{-5}
Mn	8.5×10^{-2}	1×10^{-3}	Th	6×10^{-4}	—
S	8.5×10^{-2}	5×10^{-2}	U	1×10^{-4}	—
F	2×10^{-2}	1×10^{-5}	Se	1×10^{-6}	10^{-7}
Cl	1×10^{-2}	$n\times10^{-2}$	Cd	5×10^{-5}	(10^{-6})
Li	3×10^{-3}	1×10^{-5}	I	5×10^{-4}	1×10^{-5}
Ba	5×10^{-2}	$n\times10^{-4}$	Hg	1×10^{-6}	$n\times10^{-7}$
Sr	3×10^{-2}	$n\times10^{-4}$	Ra	8×10^{-11}	$n\times10^{-11}$

的 pH 值接近中性时，则很少发現三价鉄。同时，碳、氮、硫、磷、碘等化学元素在分佈上虽然沒有留在原地，但在生物圈內，它們可以产生流动的化合物，因而能浓集在有机体內。

各种有机体在其漫长的生存期間适应了环境里一定含量的化学元素，适应了其化合物的性質以及各种类型的化学元素。最有趣的是我們在許多盆栽試驗里发現，某些化学元素的浓度所謂合适，就是它对某些植物有良好的化学作用。一般說来，这些离子的浓度都与它們在自然条件下（也就是在土壤溶液中）的浓度相同或近似。植物容易忍受大量进入体內的二价 Fe、二价 Mn 等离子（在土壤溶液中，常常可以找到这些离子），而对于三价Fe、三价 Mn 以及在自然条件下不常遇到的离子却不能很好地忍受。显然，植物也能忍受高浓度的三价 PO_4* 和二价 SO_4 等离子，不能忍受三价 PO_3、二价 SO_3 等离子。

各种有机体在进化过程中不仅能具备和巩固自己的外形結构，而且本身的化学組成也能如此，由此看来，化学組成是一个很重要的种的性状。目前还不能詳細地敍述这些性状（也就是各种植物在其不同生长时期內的組成），我們打算多談一談那些在自己的組成內浓集了某种微量元素的植物——即所謂有机体浓集者，以便說明种的化学組成的特徵。同时，这也便于我們去了解那些調节微量元素在土壤和植物之間的分佈規律。

相近的植物在某种（或数种）微量元素的含量上会超过普通植物羣落百倍或千倍。可以把植物浓集者分为两个主要类型：第一种类型包括土壤里某种微量元素含量較高的地区內所有大量地浓集这种微量元素的植物。凡是生活于某种矿体或矿床扩散暈內的动、植物羣落，这种浓集現象都表現得異常明显。在南烏拉尔和草原上的鉻、鎳、銅等矿床都可以看到这种情况。此时，不同植物浓集不同的微量

* 原文爲二价，應該是三价，諒係印刷有誤——校者註。

元素,但浓集的数量都很多。

第二种类型是屬于种的选择型,也就是說,在所有其他各种动植物之間,只有一种动植物能浓集某种微量元素。这使我們想起有喜鋅、喜鋰、喜鋁、喜鈣及盐生等植物羣落。显然,这种动植物的形成不仅与环境里該种化学元素有联系,而且与該种动植物的体質特性也有关系。

在自然界中有許多变化是很自然地发生的。

四

最复杂的任务是闡明植物体外形結构的变化与其化学組成变化之間的規律,闡明环境的化学組成对植物体,特别是对已具有稳定特性的植物影响的程度、深浅与性質。

环境里化学因素的影响,其中也包括微量元素的影响是通过两个主要方面实现的:(1)植物在一定范围內的分佈与淘汰情况,(2)它們在一定浓度的某种化学元素影响下的变異性。我們这里所說的外形变化或生理变化与有机体在其他情况下,由于别种因素(如温度、光照等)所引起的变化是有分别的,这种区别在于这些变化都是直接引起的,使這种植物的組織增加或减少該种化学元素的含量。低等植物(如細菌、霉菌等土壤微生物区系)可以发生很大的变化(視环境中微量元素多少而定)。在化学元素及其化合物的影响下,植物特性最先发生的变化就是這种植物对高浓度或低浓度的該种化学元素产生一定的适应性。由此可見,生理小种就是根据外表几乎沒有变化,但能同化新浓度的化学元素这一点而产生的。

在植物的外表变化上已經看到一些复杂的情况,这类变化曾一再用各种名詞描述过,如形态型、变異型、生态型、化学突变、小种、亚种、新种,然而这些变种的发生往往沒有遺传性。如果把这些有机体放在另一种条件下,那末,它們将会失去浓集該种化学元素的能力,不含有这种元素,同时也失去对这种元素的忍耐性,甚至丧失它們以

前所发生的变異。但長期生存在某种化学元素含量不正常的地区內的植物种，会通过这种途徑巩固所发生的变異（如我們所提到的喜鋰、喜鋅、喜鋁、盐生等植物羣落）。

至于化学元素的含量及其濃度的影响，我們想談得簡单一些。但不应該忘記微量元素的类型及其化合物，換句話說，就是它們能否被植物吸收也有很大的作用。从另一方面看，該种化学元素（或离子）能否被植物和其他有机体吸收也决定于有机体相应的特殊因素。例如，碘能否被吸收要决定于动物的有机部分有沒有甲状腺素的分子；鈷能否被动物吸收要取决于有机体內是否形成胸腺嘧啶核苷；而鈣要想讓动物吸收，必須有維生素 D。

正如所談过的一样，只有在某种化学元素含量过多或缺乏的地区內，才能看到它对植物最显著的影响。在这种情况下，植物往往受害而发生一种地方性病害，最后引起部分植株死亡。在世界各地的一定地区內，类似的情况可以持續百年之久，我們再重复一遍，这是在化学元素影响下的一系列变化中最极端的一种，也是植物羣落的生物学反应中最极端的一种。

凡是某种化学元素含量相同的地区，我們都称为生物地質化学区。在这些地区內（万不得已时是在某种化学元素过于缺乏或太多的地区內），植物羣落会发生特殊的生物学反应或地方性的生物地質化学現象。

目前我們已經知道，在自然界中存在着相同的生物地質化学区，这些地区有 25 种以上化学元素过多或者缺乏（如鈹、硼、碳、氮、鉄、鈉、鎂、鋁、矽、磷、氯、鉀、鈣、錳、鉻、鈷、鎳、銅、鋅、砷、鉬、鍶、鋇、碘、硒等）。

表 4 所举的例子就是說明相同的生物地質化学区以及与其有关的一些特殊現象。

我們在研究南烏克兰銅、鉻、鎳和鋅等矿产地时，曾于分散着这些元素的土壤上发現植物羣落的組成和有机体的外形性状有很多变

表 4 在自然界中所觀察到的生物地質化學的特殊現象

元素	引起特殊現象的原因		特殊的植物區系和動物區系
	因環境中含量過少	因環境中含量過多	
Li			喜鋰植物區系 (Thalictrum) 等
Be		當土壤內 Be 的含量過高時，在動物體上發生的所謂“鈹佝僂病”	
B	植物病害:例如,硼在土壤內的含量低於 10^{-5}% 時，甜菜、亞麻、十字花科及其他植物的心叶死亡	在硼鹽漬化荒漠土壤上的植物所發生的許多病害	含有乳汁（其中有大量的硼)的植物
F	當環境中 F 的含量極低時(低於 5×10^{-5}%),人和動物的牙齒发生骨疽病	當飲用水內氟的含量高於 5×10^{-5}% 時,人和動物牙齒的琺瑯質發生斑點和骨骼的氟中毒等疾病	
Na	Chenopodiaceae 种的許多病害	適應於一定鹽漬度的動植物的喜鹽性	鹽生植物
Mg	叶片僵化和所謂失綠病——植物的病徵；缺鎂或鎂不均衡時，動物所發生的強直痙攣		蛇紋石上的植物羣落。具有骨骼的（其中有 Ca 和 20% $MgCO_3$）低等生物
Al		磚紅壤上火山區的明礬湖內的植物區系的變化	“喜鋁”植物 (Lycopodiales, Fricaceae 等)
Si	“清水”內矽藻的無矽殘骸		喜矽動、植物

表 4 (續)

元素	引起特殊現象的原因		特殊的植物区系和动物区系
	因环境中含量过少	因环境中含量过多	
P	動物骨骼的疏鬆病和其他類似疾病,缺磷時,植物的葉緣發紅		
S	尙未充分研究,但毫無疑問是有很大影響的		喜硫植物羣落
Ca	動物的骨疏鬆病、脆弱病及其他類似疾病(當牧草內的含鈣量低於0.2%時)。在缺鈣的水內,低等生物的殘骸也缺鈣;在酸土上植物受害	在富含鈣的水內,軟體動物及其他低等生物的沉重殘骸	喜鈣植物羣落和動物羣落
Mn	動植物的失綠病及其他病害(如禽鳥的羽毛失色病)	植物的一些地方性病害	
Fe	植物的失綠病及其他病害。動物的各種貧血病		鐵細菌及其他生物
Co	牛病(大家所知道的各種貧血症),當土壤內Co的含量低於 2×10^{-s} % 時,最易發生		
Cu	當含銅量低於 10^{-4} % 時所發生的一些地方性貧血症(如嗜異癖)		具有含銅的呼吸色素的低等生物(軟體動物、梳足目)
Zn	植物的各種葉斑病(如柑橘類的葉斑病)	酸化亞鉛土壤上的植物的變異性	喜鋅植物羣落

表 4 續

元素	引起特殊現象的原因		特殊的植物区系和动物区系
	因环境中含量过少	因环境中含量过多	
Se		當土壤內的含 Se 量高於 $10^{-5}\%$ 時，動物所發生的"鹼性病"。植物發生變異	喜硒植物羣落，紫雲英等
Sr		當土壤和水內 Sr 的含量過高時，動物發生"鍶佝僂症"	
Mo	植物受抑制，尤其是豆科植物甚至死亡	牛的鉬毒病 (Teartness)	
I	當土壤內 I 的含量低於 $10^{-5}\%$ 時 (特别是在生草灰化土、沙土和泥炭土等土帶內)，動物發生地方性的(單純的)甲狀腺腫病		海生水藻，海綿動物

化，同时这些元素在植物体內的含量也較高。这是一个典型的生物地質化学区的例子，它代表了保持該种植物羣落及該羣落发生变化的几个阶段。

在环境組成变化不大的情况下，系統地研究有机体內更复杂和更微小的各种变化也有很大的价值。

只要我們善于运用某种化学生态学，那么，在实际利用微量元素上将会获得很大成就和得到更完善的說明。因此，必須創造和发展有机体的化学生态学，这不仅具有实际意义，而且也是解决有机体进化中最重要的理論問題的鑰匙。

參 考 文 獻

Виноградов А. П. 1950. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд. АН СССР.

Виноградов А. П. Биогеохимические провинции (1946). Тр. Юбил. сессии АН СССР, посвященной 100-летию со дня рождения В. В. Докучаева (Изд. 1949).

[鄧鴻举譯　陳耕陶校]

論微量元素在植物体內的生理作用

M. Я. 什科尔尼克

研究了微量元素在植物生活中的作用之后証明，生物界对于大多数的、也許是自然界中所有的元素都有很大的依賴性。只有用历史观点来研究无机营养問題，才能使研究工作富有成果，才能闡明微量元素的生理作用和适应作用。否則就会使国外学者所主張的、把微量元素看作“刺激物”“兴奋剂”“媒介物”等观念在生理学家中長期佔統治地位。这种观念直到目前还沒有被完全推翻，因而严重地影响了微量元素学說的发展。

生物地質化学家 B. И. 維尔納德斯基和 A. П. 維諾格拉多夫的卓越工作，在以历史观点对待微量元素問題的发展上有很大作用。B. И. 維尔納德斯基創造了生命物質的化学組成与地壳有联系的学說，A. П. 維諾格拉多夫則創造了生物地質化学区的学說。

无机元素具有一种性能，它可以与細胞質中的有机質組成各种有机矿質化合物，这是决定生命物質的动态，即生物体多样性的最重要的因素之一。目前已經証明，傑出的俄罗斯化学家古斯塔夫松（Густавсон）早在 70 年前所提出的、認为有机矿質化合物在植物体內有极重大变动作用的見解是正确的。近来又有一些极有价値的发現証明，在細胞內部的代謝过程中有許多起重大作用的酶就是有机矿質化合物。銅是多酚氧化酶、漆酶（氧化酶）、抗坏血酸氧化酶和細胞色素氧化酶的組成部分。根据 Д. M. 米赫里与 П. A. 科列斯尼科夫（1947）的研究，在植物界中起主要作用的正是多酚氧化系統。H. M. 西薩江和 И. И. 菲利波維奇（1949）証明，在許多植物的叶

片內含有細胞色素氧化酶。只有細胞內有結构的細胞器才具有細胞色素氧化酶的作用。在所有結构中，以質粒的細胞色素氧化酶的作用最強。鋅包含在呼吸酶、碳酸酐酶的成分內，叶綠体內有碳酸酐酶表明了这种酶对植物生活过程的作用。

最近証明，維生素 B_{12} 是鈷胜(縮氨酸)絡合物。同时有不少的資料說明，維生素与微量元素有机能上的联系。正如目前所証明的，在任何情况下，沒有錳就不可能合成維生素 C。有些微量元素(如鋅、鉄等) 能够活化某些維生素的作用。有些維生素和某些微量元素一样，是酶的輔基。毫无疑問，不久将来会发現許多特殊的、具有重要生物学作用的有机矿質絡合物。摆在生物化学家面前的任务就是找出那些对植物生活有重要作用的酶系統，以及为了发揮酶系統的作用所需要的微量元素。在这方面，动物生物化学家已远远地赶过了植物生物化学家，其中有一項工作的資料証明，錳是酶系統的一个組成部分，这个酶系統催化下列反应：谷氨醯胺 + $NH_2OH \longrightarrow$ 肟谷氨醯胺，可以举出很多例子来說明微量元素是某些酶系統的組成部分。

微量元素除了組成酶的有机矿質化合物外，也能产生大量其他的有机矿質絡合物，它們所具有的特性与組成酶的有机矿質絡合物的特性是不同的，特别是在增強或減弱参与某些反应的能力上区别很大，如有机硼絡合物就是这方面的一个例子。目前已經証明，硼可以形成帶有 *α*-*d*-葡萄糖、*d*-果糖、*d*-半乳糖、*d*-甘露醇、甘油、酒石酸、吡醇素及其他有机化合物的絡合有机硼化合物。同时，无論是硼或是这些有机化合物均会在本身的特性上发生变化：例如，硼酸可以产生帶糖的酸性化合物，它們很容易分解，因而提高了硼酸的游离酸性；糖在本身的光学特性上也会发生变化，这一点对增強它的抗氧化性很重要。大家都知道，銅、鉄和其他一些微量元素可以和有机化合物形成稳定的絡合物。

微量元素有很強的催化作用，尤其是在氧化还原过程中更加明显。錳吸过程硝盐吸收和酸已經証明，是过呼程中的催化剂。П. А.

夫拉修克（1940）証明，錳在硝酸盐营养时是还原剂，而在氨态营养时是氧化剂；銅在生物学氧化过程中也有很大的催化作用。不久以前曾經确定，无論用非有机銅或用許多銅蛋白制剂均能使維生素C氧化，銅可以加速蛋白質的氧化和古敏化。鉄、銅、錳和鋅对于半胱氨酸氧化成胱氨酸都有催化作用。鉬和釩在各种固氮菌的固氮过程中是一种特殊的催化剂。現有許多資料說明，有很多微量元素（鋁、碘、鉄、鈷、銅、釩、錳、硼等）对各种酶的活动有活化作用，但相反的也有阻化作用。这两种作用和微量元素对原生質胶体的物理、化学特性的影响說明，目前对某些微量元素的作用还沒有研究过，它們可能对加速植物体內的生化反应有影响，也可能对阻碍这些反应有影响，並因此对植物的生长发生一定的影响。有人指出，微量元素可以影响酶的作用方向。

微量元素对原生質胶体的物理、化学特性有很大影响，这些特性与新陈代謝有密切的相关性。現有資料說明，硼和鋁对原生質的黏滞性、膨胀力和渗透性均有影响。銅所以能提高叶綠素的稳定性是因为它对叶綠体的胶体系統有稳定作用（扎勃魯达，1938；奥昆错夫，1950）。在我們的研究內发現，由于某些微量元素（硼、錳、鋅、銅、鋁）的影响，使干旱时期的結合水和总含水量都增加了；同时在奥昆錯夫的研究中（1950）发現，銅可以改善水分状況。上述情况均由于这几种微量元素提高了胶体亲水性的緣故。微量元素能够增加含糖量（这一点可能很重要）和影响原生質的胶体化学特性是我們发現硼、錳、鋅、銅、鋁对抗旱性；銅、鋅和錳对抗寒性（奥昆錯夫，1950；什科尔尼克，1950）；硼、錳和鋁对抗盐性（波勃克和阿吉尼亚，1939；諾維柯夫和薩多夫斯卡婭，1939；及其他等人）的基础。在我們的工作內，鋁对提高抗旱性和抗盐性最有效；根据 Л. И. 謝尔格耶夫和 K. A. 謝尔格耶娃（1936）的研究，鋁也可以提高原生質的黏滞性和降低其渗透性。

在試驗中必須以多种不同的微量元素更广泛地研究它們对于不

良环境因素抵抗力的影响。不久以前，A. A. 德洛布柯夫(1950)証明，銅可以提高車軸草的抗寒力；另外一些研究确定，氯化鉛能提高植物的抗旱力。

播种前用微量元素处理种子对提高植物抵抗不良环境因子有很大价値，它比 П. A. 金傑里 (1946) 所提出的一种极有前途的方法——播种前鍛鍊植物——更有效。这一点已經被 B. A. 諾維柯夫和 P. O. 薩多夫斯基研究播种前用硼处理种子可以影响抗盐性的試驗(1939)以及 C. И. 柯基娜关于播种前用盐类溶液处理种子可以提高抗寒性的試驗 (1946) 所証实了。在我們和馬卡洛娃共同进行的研究里(卡敏草原)发現，播种前用硼、鋅处理种子，或在硼酸溶液內进行春化处理，对于 1950 年春旱条件下的春小麦产量有良好的影响。已經証明，播种前用微量元素处理种子之所以有效，不仅是因为种子吸收了較多的微量元素，足够植物发芽之后利用，而且正如某些研究所預料的那样，也是因为所吸收的微量元素使胚胎細胞发生了极深刻的內部变化，这些变化可以在整个生长期間，甚至在后代中保持下来。

上述工作証明，用微量元素溶液春化种子很有前途。仅仅簡单地在各种微量元素溶液內浸种 6、12、24 小时，随后将种子晾干即能得到良好的結果(夫拉修克和什克瓦魯克，1946 年；果別列夫，1949 年；及其他等人)。

应該在不同气候区內全面地研究播种前用微量元素处理种子的方法。这种方法並不需要消耗很多微量元素肥料，而且也簡单易行，容易在苏联的农場內推广採用。

微量元素对离子拮抗現象和制造平衡营养液都有很大作用。不久以前，在我們和馬卡洛娃共同进行的試驗里(1950 a)証明，鉄完全能够消除銅的毒性；有些尙未发表的試驗結果說明，硼可以使錳和鋁的毒性略微減輕。根据 X. Γ. 維諾格拉多娃的意見 (1950)，銅也可以減輕錳的毒性。在含有大量有害的可給态鋁和錳的酸性灰化土

內，消除鋁和錳的毒性有重大意义，特別是在施用生理酸性銨盐，可給态鋁和錳的数量較多时，这一点更加重要（士尔欽和索科洛夫，1950）。

最近所积累的大量資料証明，微量元素在調节某些对植物体重要的、根部周围和植物体內电解質的比例上有很大作用。近来也有些資料表明，某些微量元素（如碘、鋁）有时能起良好作用的唯一原因就是它們有拮抗作用，因而使其他离子不能为害。这些事实有原則性的意义。假如說，植物所必須的某些微量元素有良好作用的实質还沒有被証明，那么就可以把它归結于拮抗作用，归結于任何一种或任何一些組成混合养料的元素的比例上，或由于它們能消除一些在代謝中足以破坏无机元素平衡的反常現象。

微量元素拮抗作用的机制和离子拮抗作用的机制是一个非常复杂的現象，不可能用一种原因来解釋。我們只打算积累更多的事实来証明，离子和拮抗体相互限制吸收作用的能力是由于最剧烈的离子拮抗作用所致，同时証明，离子的拮抗作用多半是因为离子和拮抗体在原生質的胶体化学特性上和某些重要生命过程中的对抗作用所引起的。

近儿年来所确定的事实很有价值，这些事实表明，施入硼肥和錳肥能够消除病害的原因之一就是破坏了土壤和植物体內无机元素的比例。因缺乏某种微量元素而引起的病害，常常与一种或数种其他化学元素过多同时发生。已經証明，植物对硼素的需要情况因营养液內无机元素的比例不同而有很大变化。从所有上述工作中可以找出一件很重要的事实，卽由于土壤里許多元素的比例受到破坏或沒有被破坏，植物可能显出或不显出缺乏某种微量元素时所特有的缺素症状。

在大量施用矿質肥料时，利用微量元素可以提高肥效的事实具有重大的实际意义（索科洛夫，1941；波斯彼洛夫，1947）。上述研究結果有助于我們了解植物有机体适应各种复杂的无机营养条件的机

制，使我們了解为什么要建立更广泛地利用无机元素、适当配合植物所需要的多量元素与微量元素的施肥制。在营养液不平衡和施用大量基肥的土壤內，或在吸收性較弱的土壤內，配合施用多量元素和微量元素是很重要的。

現有許多資料說明微量元素对植物吸收无机养分及其在植物不同器官內的分佈均有影响。今后的研究必須說明微量元素對新陳代謝的影響與它們對細胞吸收無機元素影響之間的關係。

有些微量元素是放射現象的中枢，这一点有很大意义。目前我們还沒有足够的事实对动植物体內的放射性元素所解放出来的巨大能量的多方面作用給以足够的評价。A. A. 德洛布柯夫（1947）証明，植物需要鐳和鈾，並且发現，沒有鐳和其他放射性元素，豌豆的根部就不能形成根瘤，甚至在接种和营养基質內有硼和錳时也是如此。

微量元素对新陈代謝有很大影响，以至引起植物的化学本性发生变化。文献中有很多事实說明硼、錳、鋅和銅能够提高碳水化物、蛋白質、某些氨基酸、脂肪、橡胶、揮发油、各种維生素的含量，从而对提高产品的品質也有很大实际意义。然而，决不能只限于在植物的不同生活时間內去測定某些有机化合物（这些化合物是經无数化学反应而形成的），必須把这些化学反应的每个阶段分清楚，並且要了解，在这些化学反应和保証它們实現的酶系統中有那些微量元素参加。

微量元素所以对新陈代謝有很大影响，是因为有些微量元素（錳、鈷、矽、硼、鋰、銅）可以提高植物对眞菌病害的免疫性。T. Д. 斯特拉霍夫和 T. B. 亚洛申科（1950）根据施用微量元素可以提高植物抗病力指出，将寄生物在寄生性进化过程中所适应下来的植物的新陈代謝加以破坏，使其不利于寄生物，就可以提高植物的免疫性。B. П. 尼洛娃和 B. Ф. 拉舍芙斯卡婭（1950）証明，在这种情况下无机元素改变植物酶的活动的能力有很大作用。必須利用微量元素（通过播种前用微量元素处理种子和将微量元素施到土內等方法）进行定向培育研究，以提高植物的抗病力。

И. В. 米丘林研究錳对扁桃影响的工作証明，微量元素是植物化学本性获得定向变異的重要因素。在其他一些研究內（什科尔尼克，喀德洛夫-济赫曼，加尔布佐娃，泽楚尔），也成功地把由于硼的影响，使生长、碳水化物代謝和揮发油含量上所获得的优良变異巩固到后代中。根据"新陈代謝类型的变化是活体变異的原因"（李森科，1949）应該預料到，利用对新陈代謝有重大影响的微量元素，可以定向培育出一些植物，使其含有大量碳水化物、脂肪、蛋白質、維生素等为人类和生物营养所必須的物質，也可以培育出更能抵抗不良外界坏境因素和眞菌、細菌、病毒等病害的植物。假如在試驗中，打算通过微量元素的影响获得定向变異的植物，那么，最好是採用遺传性尙未稳定的可塑的植物类型，如杂种，尤其是远緣杂种。仅仅在 Н. А. 巴济列夫斯基和 З. А. 西比列娃的著作（1950）出版以后才証明，利用某些微量元素可以定向改变观赏植物花冠的顏色、大小和花的形状。

必須广泛地专門研究微量元素对低等植物的影响。現有許多資料說明，微量元素（硼、錳、鋅、銅、鉬、鎳）可以影响土壤眞菌和細菌的生命活动。有些研究者已經发現微量元素对土壤肥力有良好的影响，这是因为它們对細菌的活动有良好影响的緣故。最近又发現一些意想不到的事实，卽土壤經过灭菌后，某些由硼、鋅和錳所引起的病害也随之不見了，其主要原因是此时土壤細菌——上述微量元素的消耗者被消灭了。

近几年来的工作使我們能够肯定和分清某些微量元素：如錳、銅、鋅、硼和鉬的几个重要生理作用。現将这方面的科学研究成果敍述如下：

錳　有許多事实說明，錳参与氧化过程，同时在硝酸盐还原和光合作用过程中有很大作用；錳同其他元素，首先与鉄之間也有拮抗作用。

研究結果确定，錳是植物呼吸系統中最重要的元素。不久以前，

C. C. 斯柯沃尔错夫 (1950) 証明,锰可以提高水生植物的呼吸強度。П. А. 夫拉修克(1940 а 和 б) 証明,在硝酸营养和氨态营养时,锰有显著的良好作用。当氮素养分是硝酸氮时,锰是还原剂,在氨态氮时則是強烈的氧化剂。在以上两种情况下,植物体內的氧化还原过程及有机質合成作用的強度都增加了。

已經确定,少量锰卽能显著增強小麦根部硝酸盐的还原作用。硝酸盐的还原作用决定于酶系統,而锰在酶系統中有重大作用。然而現有的研究資料都与这些論点相抵触,例如,有人指出,锰可以使硝酸盐、亚硝酸盐和氨基酸积累下来。

C. C. 斯柯沃尔错夫 (1950) 和其他学者的研究証明,在锰的影响下,可以提高燕麦植株內二氧化碳的同化作用。有人指出,锰对叶綠体悬液的氧化还原电势有影响。在光照下,还原电势值显著增高,而在黑暗里又迅速降低。如果在黑暗里給缺锰植株的叶綠体悬液加进锰,就会使电势增加到 150 毫伏,相当于光照情况下的数值。这些研究結果确定,在氧加氫变为过氧化氫的过程中,锰有特殊的作用,这就是在锰影响下,电势增加的原因。有人推测說,在 $H_2O \rightarrow H + OH$ 的光分解中,氫原子被解离出来,锰在这个反应中起催化作用,並与羥基化合,阻止逆反应 $H + OH \rightarrow H_2O$ 的发生。

許多研究都証明了锰、鉄之間一定比例的意义。例如,有人提出鉄和锰在有机体內相互影响的假說,正因为如此,才使锰影响到由鉄盐所完成的氧化还原过程,同时調节了 $Fe^{++} \rightleftharpoons Fe^{+++}$ 的比例。当植物体內缺锰时,就会使过多的活性氧化亚鉄积累下来,引起植物中毒而发生失綠病;相反地,高浓度的锰則会降低活性氧化亚鉄的浓度,将細胞內的鉄变为固定的二价有机磷酸鉄,結果因缺鉄而引起失綠病。鉄过多的病徵与缺锰的病徵相同;相反地,缺鉄的病徵又与锰过多的病徵相同。然而,最近的研究資料並未証实,缺鉄的病徵与锰过多的病徵相似。在鉄的浓度較高时,中锰毒的病徵要比鉄的浓度較低时輕得多,这就表明了鉄、锰之間的拮抗作用。高量的鉄可以消

除錳的毒性，与其說是植物体內含錳量降低的結果（約降低 50%），不如說是植物体內总鉄量增加的結果。目前也有一些关于錳、鈣拮抗作用的資料。

П. А. 夫拉修克特別注意研究錳对酶的活动性的影响，他証明(1948)，由于錳的影响，可以提高糖用甜菜过氧化物酶的活动性及轉化酶的合成活动。我們在上面所引述的資料也說明了錳是某些酶系統的組成部分。

銅 已經确定，銅是組成多酚氧化酶、漆酶、抗坏血酸氧化酶等許多氧化酶的成分，它对叶綠素有稳定作用，在碳水化物和蛋白質代謝以及花色素的合成作用中也有一定影响。

正如以前所指出的，多酚氧化酶系統在植物界中有重大作用。在細胞內，这种酶主要是含在叶綠体里（西薩江和庫瓦耶娃，1948）。在 А. С. 奥康念科和 Л. К. 奥斯特洛夫斯基的工作中 (1950) 証明，栽培在缺銅土壤內的馬鈴薯和橡胶草，多酚氧化酶的活动性降低了很多。缺銅土壤內的馬鈴薯块莖，其多酚氧化酶的活动度比含銅量充足的土壤內的馬鈴薯块莖降低了 9/10 还多。已經証明，銅可以大大增強呼吸強度。

Т. Ф. 扎布盧达 (1938) 和 М. М. 奥昆錯夫(1946)发現，銅对叶綠素有稳定作用，使其不受破坏；同时指出，叶片內的銅几乎全部集中在叶綠体內。

已經确定，苯基硫氨基甲醯能够大大減少花色素的形成，而銅却能加強花色素的形成。由此可得出結論：銅很可能是以含銅酶的形态参与花色素的形成过程。

Н. А. 馬卡洛娃 (1950) 等人（什科尔尼克，馬卡洛娃和斯切柯洛娃，1947）的研究証明，銅对碳水化物代謝也有影响，因为缺銅的植物內仅含有少量的还原糖和淀粉。但現在还不了解，銅在碳水化物代謝中究竟有什么特殊作用，或者它对碳水化物代謝的影响有那些地方与其他微量元素相似。根据 И. В. 莫索洛夫的資料 (1938)，

銅有促进蛋白質合成的作用。

鋅 鋅是碳酸酐酶的一种成分，这种酶对可逆反应 $H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$ 有催化作用。在叶綠体內发現碳酸酐酶表明这种酶不仅能使动物放出二氧化碳，而且对植物也有同样作用。最近又揭露了鋅与植物生長素的关系的实質。在缺鋅的植物內曾发現色氨酸的含量降低了，大家都知道，色氨酸是吲哚乙酸的母体，由此可得出結論：鋅对形成色氨酸是直接需要的元素，而对合成植物生長素則是間接需要的元素。在最近的著作中証明，缺鋅时，由吲哚和絲氨酸形成色氨酸的作用即显著降低，而在缺錳和鉄时並未看到这种現象。作者根据这一点得出結論說：如果鋅与酶发生了联系，就能促使吲哚和絲氨酸轉化为色氨酸。

有許多事实証明，鋅对細胞內的氧化还原过程有催化作用。有些作者認为，鋅参与含有羥基的半胱氨酸的轉化过程。大家都知道，这些化合物的作用就是調节細胞內的氧化还原电势的水平。由此可見，鋅在这时对羥基化物和硝基氫氰酸鈉色素反应有一种特殊的稳定作用。在缺鋅植物的液泡內，发現聚集有多酚和植物固醇或卵磷脂，因此使人們認为，上述化合物是蛋白質氧化不完全的产物。

这些物質是叶片細胞的氧化还原状况发生变化的标誌。缺鋅时，液泡內形成球状物不仅是多酚聚集的結果，而且这种球状物也是氧化酶活动的中心。

已經証明，缺鋅首先会加強氧化过程，使生長刺激物受到破坏。E. A. 馬卡列芙卡婭、A. B. 瓦西列芙斯卡婭和 M. H. 奇列拉什維里（1949）发現缺鉄时也有类似現象。他們在因缺鉄而引起机能失綠病的情况下研究新陈代謝时发現，失綠植株的氧化还原过程与健康植株相比时，氧化作用要佔优势。更有趣的是缺鉄时起初发現根部的氧化过程增強，然后是叶片的氧化过程加強。在上述研究內，随着根部的氧化过程加強，生長刺激物的数量也減少了。

不久以前，对缺硼植株所作的細胞化学研究发現其中各种氧化

酶的浓度都較高，而且多酚氧化酶的活动性也較強。

如果把 E. A. 馬卡列芙斯卡婭、A. B. 瓦西列芙斯卡婭和 M. H. 奇列拉什維里关于植物缺鉄时氧化过程加強的資料，与上述其他研究者关于缺硼时氧化过程加強的資料加以比較，我們就可以得出这样的結論：即缺少鋅、硼、鉄三种微量元素时，会发現正常的氧化还原过程遭到破坏的类似現象。这些資料証实了我們以前所提出的假說：即根据硼、錳、鋅、銅、鋁等五种微量元素对碳水化物代謝有同样的影响而推測某些微量元素对原生質也有同样的作用。

看起来，鋅对眞菌利用碳水化物，並不象以前所推測的那样，是一种特殊的作用，而是与銅、錳、磷、鎂、鉀相似的作用。缺鋅时未完全氧化的碳水化物和由碳水化物所形成的有机酸減少的現象，在缺銅、錳、磷、鎂、鉀时也可以看到。

然而对于鋅在碳水化物代謝中究竟起何种特殊作用是可以了解的。用番茄所作的試驗証明，缺鋅时，如果无机磷和多酚氧化酶的含量較高，則叶片內有大量的还原糖，而蔗糖与淀粉的数量很少。同时发現缺鋅时，葡萄糖磷酸化所必須的酶系統受到一定破坏。更有趣的是根据文献中現有的資料发現，缺鋅对碳水化物含量較高的植物有很大影响。

已經发現，錳和鋅是叶綠体的組成部分，因此，在叶綠粒內，鋅和細胞液內的某些元素（据推測是氯化物）一起参与水的光解作用。

硼 在研究硼的生理作用时，首先应注意到硼与高等植物所需要的其他无机元素有很大区别。一般說来，禾本科植物，也可能是单子叶植物对硼的需要量比双子叶植物少得多。同时証明，在低溫（什科尔尼克，1939）和适当調整营养液时［減少磷量（加芙利洛娃，1935），特別是減少氮量或增加鉄量］，植物对硼的需要量也很少。pH 为中性和鹼性时，菸草植株对硼的需要量也減了一些。

如果知道在哪些外界因素下才能減少植物对硼的需要量，並且知道这些因素如何影响新陈代謝，那么，我們就可以了解硼是怎样参

加某些生理过程和生化过程的。我們認为，把需硼較少的禾本科植物的生理研究和生化研究与迫切需硼的双子叶植物比較一下，就可以揭露硼的生理作用。

我們在 1950 年和 M. M. 斯切克洛娃一起进行的工作中，发現了一件很重要的事实：即每天在不含硼的营养內加入过氧化氫时，並未发現迫切需硼的亚蔴显出缺硼时頂尖枯死的現象。沒有得到硼，但得到过氧化氫的植株，生長情况仅略差于得到硼的植株，而由細小的側根所組成的強大根系，几乎与得到硼的植株发育得一样。

上述事实可以使人們了解到硼的一个最重要的生理作用。虽然这些事实还需要通过专門的研究来闡明过氧化氫的作用，但根据我們的試驗可以推測到，显然是由于硼容易与帶羥基的物質——醇、醇酸、糖等有机化合物发生相互作用，而产生有机过氧化物，供給根部吸收。因为根部很难吸收到氧，特別是在水培时更是如此。已經确定，植物的組織能够制造过氧化物型的化合物。同时証明，有机过氧化物的形成是供給那些难于吸收到氧的植物組織以氧气的有效方法。

根据 Я. В. 彼依維的研究（1938），土壤內呈現明显的嫌气过程时，硼的效果最大。Я. В. 彼依維認为硼对加強土壤里好气性的氧化过程有很大意义。在暗色土壤內施用硼素能够促进硝化細菌的发育，增加好气性細菌的数目（增加 4 倍），減少去氮化細菌（減少 1/2）和乳酸細菌的数目（減少 9/10）。

一般說来，根据硼能够与大量有机化合物（大家都知道，这些化合物是細胞的組成部分，如 *d*–菓糖、*d*–半乳糖、*α*–*d*–葡萄糖、*d*–阿拉伯糖、內消赤蘚醇、甘油脂、*d*–甘露醇、甘露庚糖醇、維生素 Bc、水楊酸及某些黃素等）組成含硼的絡合物，可以探明硼在其他方面的生理作用。例如，大家都知道，在細胞壁內含有大量不能分离出来的硼，这些物質不外乎是絡合物。因为幼嫩的細胞壁主要是由果胶質构成的，所以有人（波布克等人，1950）設想，硼是和这些物質組成化合物。甲醇是果胶質的成分之一，它容易与硼酸发生相互作用。波

布克（1949）曾研究过硼对果胶酯酶活动性的影响，这种酶能使甲醇从果胶內分离出来，而果胶則轉化为果胶酸。另外他还发現，在供給硼的植物体內，这种酶的活动性較高；施用硼素也可以增加植物体內甲醇的总含量。

苏联的研究者发現了一件很重要的事实：即硼对結实有影响。至于研究硼对花粉发芽和花粉管生长影响的工作，更有很大的科学价值和实际价值。B. B. 泽尔苓格根据自己的資料（1941）得出結論說，为了获得正常的成熟花粉，不仅要在花粉粒分化时期給植物施用硼素，就是在以后，当花粉粒完成了在显微鏡下所看到的各种細胞形态变化时，也就是在花粉內已經分化出生殖細胞时，也需要供給植物硼素。

有些研究者用硼能够产生含硼有机絡合物来解釋硼对花粉发芽和花粉管生长的作用机制。他們認为，这些絡合物在构成花粉管的管壁时有一定作用。如果研究一下硼对番茄花粉发芽的影响，就会在硼对花粉发芽的作用机制上有一种新的看法：即在花粉內含有黃酮葡萄糖甙，它可以延迟发芽。当花粉落到柱头上时，即遇到糖、硼酸和一种酶（它分解出阻碍发芽的黃酮葡萄糖甙）。此时出現一种分解产物——一种黃酮化合物，它与硼酸形成絡合物可以影响花粉管的生长。

已經发現，除以上所述外，硼酸还可以影响一种藻类（*Chlamydomonas*）的配子。在硼酸的影响下，能使尙未分化的配子具有这种藻类雄配子的性質。这种作用的机制可能是由于尙未分化的配子含有雌基——藻类雌性决定素（Cynotermon）和雄基——藻类雄性决定素（Androtermon）。这两种化合物在配子內通过把其中一种物質放在另一种物質溶液中的方法混合起来，从而变更配子的性别。施用硼酸时，硼酸与这种黃酮化合物形成絡合物，而产生过多的雄基。因此，硼酸能够决定尙未分化的配子形成雄性。

許多研究确定，缺硼时碳水化物代謝和蛋白質代謝都会遭到破

坏，並且植物体內累积有糖分和氨态氮。

硼素可以防止檸檬、棉花、苜蓿等作物的落蕾。施用硼素能够恢复碳水化物对果实的供应。在任何情况下，如果需要使碳水化物輸向某种生殖器官时，施用硼素永远是很有效的。

有些研究者提出这样一种見解，認为缺硼可以降低糖分的氧化速度和碳水化物代謝产物的氨基化作用。缺硼植物在碳水化物代謝和氮素代謝上的变化，可能与細胞內正常的氧化还原过程的变化有关。

許多研究者認为，由于硼素能够降低原生質的膨胀力，因此它可以改变原生質的水合程度。有些人認为，糖和淀粉累积在缺硼植物的叶片內，是叶細胞过分膨胀使同化产物停止向外輸送的結果。

文献中也积累了許多資料，証实了我們所发現的、硼对植物吸收无机元素的影响。現有資料証明，在硼的影响下，可以加強阳离子的吸收作用，而減弱阴离子的吸收作用。

鉬 有許多資料表明，鉬是各种固氮菌（*Azotobacter* 和 *Clostridium*）固氮时所必須的特殊催化剂。

已經証明，鉬是 *Azotobacter chroococcum* 正常生命活动所必須的元素，因为它可以使固氮菌固氮过程的活动度比对照提高 600—700%。有些学者曾研究了鉬对 *Clostridium butyricum* 八个系的影响，結果发現，鉬可以使固氮作用加強 2—5 倍。釩在 *A. chroococcum* 固氮过程中可以局部代替鉬的作用，但它对 *C. butyricum* 的四个系沒有影响，而对其他几个系都有显著的刺激作用。鉬也是 *Azotobacter nidicum* 固氮时所必須的元素，*A. nidicum* 与 *A .chroococcum* 不同，它可以在酸性的基質中发育。釩对 *A. nidicum* 沒有任何影响，显然，它的固氮系統与 *A. chroococcum* 的固氮系統有些不同。已經証明，不論有气态氮或硝酸态氮，*A. chroococcum* 在沒有鉬时都发育得很坏，但如果在培养基內加入硫酸銨时，*A. chroococcum* 就可以正常发育了。另外还确定，固定气态氮要比在硝酸氮情况下多需要 4 倍鉬。

在豆科植物內（如車軸草），特别是在豆科植物的根瘤和种子內所含的鉬要比营养器官和周围环境中的含量高得多，这一点已經得到証明。土壤里含鉬量較高时，豆科植物所积累的鉬也比其他植物高很多。X. Γ. 維諾格拉多娃根据这一点認为，鉬参与豆科植物的根瘤菌固定大气氮素的作用。X. Γ. 維諾格拉多娃和 A. A. 德洛布柯夫在 1944 年共同进行的試驗中証明，鉬不仅对豌豆的产量有很好的作用，而且对它的含氮量也有同样的作用。这是鉬对固氮作用有影响的証据之一。許多学者在最近几年的工作里也証实了 X. Γ. 維諾格拉多娃和 A. A. 德洛布柯夫的資料。現在已經分清鉬所以对牧場有良好的影响，是因为它可以改善車軸草的固氮作用，从而間接地增加了对禾本科牧草的氮素供应。X. Γ. 維諾格拉多娃（1950）和 A. A. 德洛布柯夫（1950）还发現，植物缺鉬的症状与所謂車軸草的衰退現象有些相似。

近几年来的試驗証明，鉬是低等和高等植物还原硝酸盐所必須的元素。已經証明，如果把霉菌（*Aspergillus niger*）培养在含硝酸盐的营养液里，要比培养在含氨盐的营养液里需要更多的鉬。在四个系的去氮細菌的試驗內发現，去氮作用需要微量的鉬。在为了闡明鉬对还原硝酸盐影响的番茄試驗中証明，缺鉬的植株与正常植株不同之点就是有大量的硝酸盐和少量的蛋白質，这說明鉬对还原硝酸盐是有影响的。在花椰菜和番茄的試驗內也得到同样的結果。有許多学者認为鉬是硝酸盐还原酶的正常活动所必須的元素。硫可以代替鉬参与植物体內硝酸盐的还原过程。

文献中有一些涉及鉬和各种重金屬，特別是錳的拮抗作用的資料。例如，有些資料确定，鉬对极酸性土壤上受过量錳損害的亚蔴有良好的影响。将鉬施到土壤內，不仅可以減輕因錳过多而引起的失綠病，而且也可以削弱因鋅、銅、鎳或鈷过多而发生的类似缺鉄的失綠病。同时发現，缺鉬可以使营养液內的錳增多起来；在硫酸銨或硝酸盐肥料內加入硫酸錳，可以大大降低鉬在酸性土內的有效性，以至

使豆科植物对施入的鉬幷沒有良好的反应，大家知道，酸性土壤含有大量的有效态錳和鋁。

И. А. 切尔納維娜（1950）发現了一件有意义的事实：卽減少营养液內的含鈣量，可以降低植物体內的含鉬量；而在有鉬时，叶片內鈣的数量也可以增加。

參 考 文 献

Абаева С. С. 1950. К вопросу о роли марганца и бора в биологии развития хлопчатника. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Аманов Х. 1942. Повышение солеустойчивости хлопчатника предпосевной яровизацией семян в питательных растворах и внекорневым питанием. Тр. Узб. физ. АН СССР, сер. XI. Ботаника, вып. 5.

Архангельская Н. С. 1950. Влияние меди на рост и развитие картофеля. Рефераты, докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Арциховская А. В. и Рубин Б. А. 1950. Органические перекиси, как возможный источник кислорода для дыхания некоторых растительных тканей. Докл. АН СССР, 74, № 1.

Базилевская Н. А. и Сибирева З. А. 1950. Изменение окраски венчика у *Eschscholtzia californica* под влиянием микроэлементов. Бюлл. Гл. бот. сада АН СССР, вып. 6, 1.

Бобко Е. В. 1949. О некоторых биохимических реакциях бора в растениях. Сб. памяти акад. А. А. Рихтера. Тр. Ин-та физ. раст. им. К. А. Тимирязева, 6, вып 2.

Бобко Е. В. 1950. О физиологической роли бора в растениях по экспериментальным данным. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Бобко Е. В. и Агинян А. А. 1939. О действии микроудобрений при засолении. «Почвоведение», № 4, 30.

Бобко Е. В. и Церлинг В. В. 1938. Влияние бора на репродуктивное развитие растений. Ботанический журн. СССР, 23, 1.

Буслова Е. Д. 1950. О коррелятивной связи бора с другими элементами минерального питания растений и его значение для накопления хлорофилла. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Васильев Ю. П. 1937. Значение бора для процесса оплодотворения. Журн. «За мичуринское плодоводство», 4.

Виноградова Х. Г. 1943. О содержании молибдена в растениях семейства Leguminosa. Докл. АН СССР, 40, № 1.

Виноградова Х. Г. 1950. Молибден и его биологическая роль. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Власюк П. А. 1940а. Влияние микроэлемента марганца на использование аммиачной и нитратной форм азота свекловичными высадками. Докл. АН СССР, 28, № 2.

Власюк П. А. 1940б. Значение марганца при использовании аммиачных и нитратных форм азотной пищи для водной культуры сахарной свеклы. Докл. АН СССР, 28, № 2.

Власюк П. А. 1941. Нові марганцеві добрива. Видавн. АН УРСР.

Власюк П. А. 1942. Марганець у системі живлення рослин. Видавн. АН УРСР, Київ.

Власюк П. А. и Шкварук М. М. 1946. Збільшення врожаю зернових хлібів під впливом предпосівної обробки солями марганець і цинк сульфатів. «Ботанічний журн. АН УРСР», 3, № 3—4.

Гаврилова Л. Т. 1945. К вопросу о влиянии бора на рост и развитие *Nicotiana tabacum*. «Ботанический журн. СССР», 20, № 1.

Гамкрелидзе. 1934. Потребность в боре известкованных подзолов. Химизация соц. земледелия, 10.

Гарбузова А. П. 1949. Наследование полезных признаков в потомстве. «Природа», № 6.

Генкель П. А. 1946. Устойчивость растений к засухе и пути ее повышения. Ин-т физ. растен. им. К. А. Тимирязева, 5, вып. 1.
Гобелев Д. И. 1949. Влияние растворов электролитов при яровизации яровых пшениц на их развитие и урожай. Ученые зап. Рязанск. гос. пед. ин-та, Рязань.
Гудько Е. А. 1950. Изучение действия микроэлементов на хлопчатник на сильно карбонатных почвах Дагестанской опытно-селекционной хлопковой станции. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.
Доминиковский Ф. И. 1946. Исследование микроэлементов и азотсодержащих веществ как удобрений. Зап. Белорусск. ун-та, серия химич., вып. 8.
Дробков А. А. 1947. Значение радиоактивных элементов в жизни растений. «Наука и жизнь», 3, 14.

Дробков А. А. 1950. Роль молибдена в жизни растений. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.
Дьякова Е. В. 1938. Влияние борных удобрений на ускорение развития и повышения урожая семян люцерны. Докл. ВАСХНИЛ, 22.
Заблуда Т. Ф. 1938. Физиологическое действие меди на растение. Тр. чувашск. с.-х. ин-та, I, вып. 1.
Калачиков А. Т. 1949. Влияние бора и марганца на динамику нитратов и водно-растворимых форм фосфорной кислоты в слабоподзолистой почве. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 2.
Каталымов М. В. 1948. Значение бора в земледелии СССР. Сельхозгиз.
Кедров-Зихман О. К., Зенкевич Т. И. и Кожевникова А. Н. 1948. Удобрение как фактор улучшения семенной продукции сельскохозяйственных растений. Журн. «Агробиология», 6.
Кедрова-Зихман О. Э. 1937. Уплыў мікраэлементаў на развіццё зярнят і саломы ячменю у сувязі з вапнаваннем подзолистой глебы. Зап. АН БССР.
Кокина С. И. 1946. Влияние предпосевного наклевывания и солевой обработки семян пшеницы на скорость прорастания их и холодостойкость всходов. Тр. научно-произв. конфер. по сельскому хозяйству Карело-Финской ССР. Петрозаводск.
Колесников П. А. 1949. Органическая перекись из зеленых листьев. Докл. АН СССР, 64, № 1.
Кузнецов В. П. 1950. Микроэлементы в хлопководстве Узбекистана. Рефераты докл. на конфер по микроэлем. Изд. АН СССР.
Кузин А. М. и Школьник М. Я. 1949. О значении нестойких перекисей зеленого листа растения для фотосинтеза. Докл. АН СССР, 65, № 5.
Ламбин А. З. 1938. Микроэлементы, как фактор урожайности. Тр. Омск. с.-х. ин-та, 3.
Лысенко Т. Д. 1949. Агробиология. Сельхозгиз.
Макаревская Е. А., Василевская А. В. и Чрелешвили М. Н. 1949. Развитие хлорозного процесса у кукурузы. Тр. Тбилисск. ботан. ин-та, 13.
Макарова Н. А. 1950. Влияние микроэлементов на рост, развитие и углеводный обмен лимонов. «Журн. экспериментальной ботаники», 7.
Михлин Д. М. и Колесников П. А. 1947. О дыхательных системах растений. «Биохимия», 12, 5.
Михлин Д. М. и Пшенова К. В. 1946. Липооксидаза. «Биохимия», 2, № 5.
Мосолов И. В. 1938. Некоторые особенности азотистого обмена в растении при отсутствии меди в почве. «Сов. агрономия», 6.
Новиков В. А. и Садовская Р. О. 1939. Намачивание семян хлопчатника в борной кислоте, как одна из возможностей удовлетворения бором и повышения солеустойчивости. Докл. АН СССР, 23, № 3.
Нилова В. П. и Рашевская В. Ф. 1950. О влиянии некоторых элементов на изменение иммунологических свойств растений. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.
Оканенко А. С. и Островская Л. К. 1950. О значении малых количеств меди для развития кок-сагыза на торфяных почвах. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.
Окунцов М. М. 1938. Химическая стимуляция растений солями тяжелых металлов. Тр. Биол. научно-исслед. ин-та Томск. ун-та им. Куйбышева, 5.
Окунцов М. М. 1946. Влияние меди на состояние хлорофилла и старение растений. Докл. АН СССР, 54, № 9.

Окунцов М. М. 1950. Физиологическое значение меди для растений и применение медных удобрений в практике сельского хозяйства. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Пейве Я. В. 1938. Роль бора в симбиотропизме льна и практическое применение борных удобрений. «Химизация соц. земледелия», 4.

Петрова Л. И. 1950. Влияние микроэлементов на урожай и качество семян льна-долгунца и красного клевера. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Поспелов И. А. 1947. Борные удобрения на подзолистых почвах СССР. Изд АН СССР, 1—166.

Рахно П. 1950. Влияние предпосевной обработки семян растворами солей микроэлементов на урожайность зерновых культур. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Свешников А. М. 1940 Влияние извести на урожай картофеля при меняющейся влажности почвы «Химизация соц. земледелия», 1.

Сергеев Л. И. и Сергеева К. А. 1939. К управлению стойкостью и ростом растений ионным воздействием. Докл. АН СССР, 22, № 9.

Сергеев Л. И. и Сергеева К. А. Влияние ионов алюминия и ортофосфорной кислоты на биологические свойства протоплазмы растений. Докл. АН СССР, 22, № 9.

Сидори Д. М. 1945. О возможности изменения состава микрофлоры почвы под влиянием некоторых приемов удобрения. Зап. Харьковск. с.-х. ин-та, 4.

Сисакян Н. М. и Куваева Е. Б. Полифенолоксидазная и пероксидазная активность изолированных пластид. Докл. АН СССР, 62, № 1.

Сисакян Н. М. и Филиппович И. И. 1949. Цитохромоксидаза изолированных пластид. Докл. АН СССР, 67, № 3.

Скворцов С. С. 1950. Влияние некоторых микроэлементов на фотосинтез и дыхание растений. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Соколов А В. Действие бора на известкованных подзолистых почвах в связи с явлением почвоутомления. «Химизация соц. земледелия», 6.

Страхов Т. Д. и Ярошенко Т. В. 1950. Роль микроэлементов в повышении устойчивости растений к заболеваниям. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Турчин Ф. М. и Соколов В. И. 1950. Об активном марганце в почве и его токсичности в связи с применением физиологически кислых форм азотных удобрений, «Почвоведение», 9.

Церлинг В В. 1941. О физиологической роли бора. Сб. «Применение микроудобрений».

Цецур М. Н. 1950. Влияние микроэлементов на некоторые эфирно-масличные и масличные растения. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Чернавина И. А. Влияние молибдена на урожай бобовых растений и его содержание в отдельных органах их. Рефераты докл. на конфер. по микроэлем. Изд. АН СССР.

Школьник М. Я. 1935. О необходимости бора для растений. Докл. АН СССР, 2, № 2.

Школьник М. Я. 1939. Влияние микроэлементов на засухоустойчивость, солевыносливость растений и на химический состав зерна. «Сов. ботаника», 5—7

Школьник М. Я. 1940. О предпосевной обработке семян микроэлементами «Сов. ботаника», 5—6.

Школьник М. Я. 1941. Изменение химической природы растений под влиянием минерального питания растений и предпосевной обработки семян. «Сов. ботаника», 1—2.

Школьник М. Я. Минеральное питание — важный фактор получения направленных изменений растений. «Природа», № 7 и 8.

Школьник М. Я. 1950. Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии. Изд АН СССР.

Школьник М. Я. и Макарова Н. А. 1950а. Об антагонизме бора и меди. Докл. АН СССР, 68, № 1.

Школьник М. Я. и Макарова Н. А. 1905б. Зависимость потребности растений в боре от соотношения минеральных элементов в питательном растворе. Докл. АН СССР, 71, № 2.

Школьник М. Я., Макарова Н. А. и Стеклова М. М. 1947. Влияние микроэлементов на углеводный обмен растений. «Ботанический журнал СССР», 32, 6.
Школьник М. Я., Макарова Н. А. и Стеклова М. М. 1949. Влияние микроэлементов на повышение солеустойчивости растений и о его причинах. «Ботанический журн. СССР», 34, № 1.
Anderson a. Spencer D. 1949. Molybdenum and sulphur in symbiotic nitrogen fixation. Nature, 164, N 4163, 273—274.
Chesters C. G. a. Rolinson G. N. 1950. Role of zinc in Metabolism. Nature 165, N 4214.
Edmondson Y. H. a. Thimann K. V. 1950. The biogenesis of anthocyanins II Evidence for the mediation of copper in anthocyanin synthesis. Arch. Bioch. 25 (1).
Gerretsen F. C. 1949. Manganese in relation to photosynthesis. Plant and Soil. I.
Gerretsen F. C. 1950. Manganese in relation to photosynthesis. II. Redox potentials of illuminated crude chloroplast suspensions. Plant and Soil 2, N 2.

Hamner C. L. 1942. Effects of platinum chloride on bean and tomato Bot. Gaz. 104, N 1.
Jones L. H., Shepardson W. B. a. Petters C. A. 1949. The function of manganese in the assimilation of nitrates. Plant Phys. 24.
Kuhn R. 1943. Über die biologische Bedeutung der Borsäure. Wien. Chem. Ztg. 46.
Kuhn R. u. Löw J. 1947. Kristallisation des Gynotermons von Chlamydomonas. Die Naturwissenschaften, 34.
Kuhn R., Löw J. u. Moewus. 1942. Über die Wirkungsweise eines Geschlechtbestimmenden Stoffes (Borsäure). Die Naturwissenschaften 30.

Lawless W. W. a. Camp A. F. 1940. Preliminary reports on varieties fertilizers and other factors as influencing cold resistance in citrus. Proc. Fla. St. Hort. Soc. 53.
MacVicar R. a. Burris R. H. 1948. The relation of boron to certain plant oxidases. Archiv. of Biochem. 17, 1.
Millikan C. R. 1948. Antagonism between molybdenum and certain heavy metals in plant nutrition. Nature, 161, № 4092.
Mulder E. G. 1948. Importance of molybdenum in the nitrogen metabolism of microorganism of higher plants. Plant and Soil 1 (1).
Mulder E. G. 1950. Mineral nutrition of plants. Ann. Rev. of plant physiol. I.
Neisn. 1930. Studies on chloroplasts. Biochem. Journ. 33.
Reed H. S. 1946. Effects of zinc deficiency on phosphate metabolism of the tomato plant. Amer. Journ. of Bot. 33.
Reed H. S. 1947. A physiological study of boron deficiency in plants. Hilgardia; 17, 11.
Reed H. S. a. Dufrenoy J. 1935. The effects of Zinc Salts on the oxidation process in plant cells. Science 82, N 2124.
Reed H. S. a. Dufrenoy J. 1942. Catechol aggregates in the vacuoles of cells of Zinc deficient plants. Amer. Journ. of Bot. 29.
Shive J. M. 1941. Significant roles of trace elements in the nutrition of plants. Plant Phys. 16, N 3.
Skoog F. 1940. Relationships between zinc and auxin in the growth of higher plants. Amer. Journ. of Bot. 27.
Stupf P. K. a. Loomis D. 1950. Observations on a plant amide ensyme system requiring manganese and phosphate. Arch. of Bioch. 25, N 2.
Tsui C. 1948. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plants. Amer. Journ. of Bot. 35.
Warburg O. 1948. Schwermetalle. 2 Auflage, Berlin.

[邓鴻举譯　陳拼嵩校]

关于农业上利用新型微量元素肥料的問題

C. И. 沃里弗科維奇

由于我們在生物化学方面的知識越来越深刻，使我們逐漸了解到，在植物所需要的营养元素中，包括着許多新的地壳元素。农用矿石的种类也在日益增多。

除了大多数肥料的組成中所含有的五种主要营养元素（碳、氮、磷、鉀、鈣）外，农业化学早就利用了鎂、鉄、矽、硫、銅等元素了。近15年来，也承認硼是植物所必需的营养元素，並且很快引起許多研究者的注意，他們对作为微量元素肥料的硼素的效果有很高的評价。

最近也把錳和鋅列入微量元素肥料，至于某些作物和土壤对錳的需要問題尚待进一步研究。对鋅的研究虽然不多，但关于它在农业上的施用問題已經比較清楚了。截至目前为止，对于鉬、釩、鈷、碘以及其他一些微量元素的使用条件和效果尚缺乏研究。

大家从地壳克拉克值表內（用重量百分比表示16公里內化学元素的近似含量）可以知道，我們所注意的几种元素，在濃度上差異很大（0.1%至0.00001%）。

我們在日常生活中的概念往往不符合某些元素在地壳內实际的分佈情况和儲藏量。例如，釩的埋藏量比銅多一倍（釩为0.2%，銅为0.1%），但我們在远古时代就已經知道銅了，並且在日常生活中天天可以碰到它；而釩却被認为是稀有和分散的元素，看来，它的用途也还沒有完全清楚。正被大量使用的鋅在地壳內的埋藏量和釩一样。硼在地壳內的埋藏量仅仅是釩的1/20，但却比鈷多4倍。硼在地壳內是呈斑点状分佈，釩却很分散，含在大部份的黏土和土壤內。

地壳內磷、硫和錳的含量大致相同(均为 0.1%),鎂約为磷的 20 倍。由此可見,多量元素和微量元素之間的界限只是人为的,如果用克拉克值来表示,这个界限就沒有了。

元素在矿物(以多种形式結合成的化合物)中的浓度、可溶性及对植物的有效性变化也很大。

A. E. 費尔斯曼院士在其"地球化学"一書中(33 頁),曾根据克拉克值来表明几种对植物营养最重要的化学元素在地壳(深 16—20 公里以內)的含量,現将其概略資料列表如下:

幾種最重要的植物營養元素在地売內的含量(重量百分比)

多量元素		微量元素	
鐵	4.20	錳	0.10
鈣	3.25	鋅	0.02
鉀	2.35	釩	0.02
鎂	2.35	銅	0.01
碳	0.35	硼	5×10^{-3}
磷	0.12	鈷	2×10^{-3}
硫	0.10	鉬	1×10^{-3}
氮	0.04	鉒	1×10^{-3}
		碘	1×10^{-4}
		鐳	2×10^{-10}

上述有关微量元素的資料(这只是已知的有限的近似資料)說明,地壳內的錳矿資源最丰富,鋅和釩次之,銅又次之,硼、鈷、鉬和碘就更少了。这个比較結果可以初步描繪出上述几种資源在我国广闊的、拥有多样自然历史条件和各种矿产資源的領土內分佈的情况。

在自然界中可以遇到大量聚集成矿产地和分散状态的錳矿及藏量較少的鋅矿与硼矿,銅、釩、鈷、鉬大半呈分散状态,或者以极少的数量含在各种矿物中,碘主要是从油井冲洗水和一些海藻內提炼出来的。

除少数情况外,一般不是用天然原料(如矿石、盐类和油井冲洗水)来作为微量元素肥料,而是采用經过精选和化学加工后的产物,以便获得(1)浓度更高和(2)容易被植物吸收的营养元素化合物。

从經济方面考虑，也可以用化学工业、冶金工业、煤炭工业及其他工业部門的副产物来作为微量元素肥料。熔渣、灰渣、煤尘、选矿后的尾砂和沉渣，是取得各种微量元素化合物的一般原料或半产品。例如，从硫酸工厂的黃鉄矿渣或含有硫酸銅的矿水內，可以分离出氯化銅或硫酸銅；鈷盐也可以从黃鉄矿渣和出产鎳的沉渣內分离出来。

由此可見，大多数微量元素肥料都是在为了取得各种有利于国民經济的元素，而对原料进行綜合加工的过程中生产出来的。製造鈷、鉬、碘等微量元素肥料的工艺程序主要是利用生产稀有元素和分散元素的方法与設备；但在生产錳、鋅、銅、硼等肥料时，就要采用普通化学方法及冶金工业方法。

微量元素肥料的質量标准主要是：（1）在水和土壤溶液中的溶解度（可以假定以它在弱酸或弱鹼中的溶解度来衡量）；（2）主要营养元素的浓度；（3）从屬化合物或夹杂物的成分；（4）物理特性和物理化学特性（粒度成分、比重、硬度、吸湿性、結块性等）。

在絕大多数情况下，不必要使微量元素肥料中含有过多的微量元素。显然，大部分微量元素肥料可以混在多量元素肥料中施用，或作成某些化合物状态来施用，小部分微量元素肥料是作成溶液状态来施用。

对于如何保証农业有足够硼肥的問題，已經研究得很多。不仅可以利用硼酸、硼砂和水溶性天然矿物作为硼肥，就是那些难分解矿物的化学加工和热力加工的产物也可以用作硼肥。目前在工业上主要是对一些容易分解的含硼矿物，如水方硼石、鈉硼解石、硼鎂石、硼鉀鎂石等进行加工。但由于这些矿石的埋藏量有限，因此，将来为了取得硼酸和硼酸盐，也需要对一些难分解的火成岩矿物（如矽硼鈣石、电气石等）进行加工，我国已經把这些矿石的分解方法研究出来了。当前要研究的是采用哪些方法，才能把油井冲洗水內浓度較低（含 B_2O_3 0.4%）、但数量很多的硼利用起来；同时，如何利用火山泥（含 B_2O_3 0.01—0.5%）是个新問題，应該加以研究。

电气石矿石內的硼儲量最多,矽硼鈣石矿石次之,硼鉀鎂石矿石又次之,含銅水方硼石矿石更次之,富含硼鎂石的矿石最少。在火山泥內,硼的总蓄积量近似水方硼石和硼鎂石內的含量。冲洗水內的总含硼量尙未測定出来,但数量是相当多的。

較貧乏的水方硼石矿石[1] 含 B_2O_3 2.1—8.5%,硼鎂石矿石[2] 含 B_2O_3 15—30%,矽硼鈣石矿石[3] 含 B_2O_3 3—8.5%,电气石矿石[4] 含 B_2O_3 2.4—5.0%。

由于用硫酸分解变水方硼石时,可以得到含 B_2O_3 2—6%(按干物質折算)的沉渣,其中有一半硼是水溶性的,因此这种矿物也应該用来作为硼肥[5]。同一操作的另一种产物——硼鎂肥,含 B_2O_3 4.5—8.5%,MgO 27—33%(呈硫酸鎂)。如果掌握了将硼在极稀薄的溶液內(冲洗水和油井冲洗水)結合为硼酸錳的过程,那么就可以把它們改制成硼酸或水溶性盐类,或者是施用在酸性土上作为肥料(含 B_2O_3 5—7%,Mn 6—8%)。将电气石中不可給态的硼变成可給态的簡单方法,是把它与石灰石燒結起来(燒結产物含 B_2O_3 2—5%)。

有些工厂製造出一些複雜的及混合的肥料,如硼過磷酸鹽,含硼量佔過磷酸鹽重量的5%;另外一些工廠則製造出方硼石粉(含 B_2O_3 30%)的粉狀方硼石。

銅是最古老的微量元素肥料之一,不僅可以施用硫酸銅粉或硫酸銅液,有時也用氯化銅以至硝酸銅作爲銅肥,而且含Cu 0.25—1.0%的黃鐵礦渣,甚至含 Cu 2—3%(硫化物)的黃銅礦、含銅砂岩等礦石也可以用作銅肥。另外還應該把直到目前幾乎尙未利用的含有硫酸銅的礦水也算作銅的資源。

---

1) 水方硼石的化學式爲 $CaO \cdot MgO \cdot 3B_2O_3 \cdot 6H_2O$。

2) 硼鎂石的化學式爲 $2MgO \cdot B_2O_3 \cdot H_2O$。

3) 矽硼鈣石的化學式爲 $2CaO \cdot B_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$。

4) 電氣石的近似化學式爲 $R_2O \cdot 4B_2O_3 \cdot 10Al_2O_3 \cdot 18SiO_2 \cdot 5H_2O$。

5) 以便更充分地利用 H_3BO_3 态的 B_2O_3。

应該指出，在沼泽土上施用的銅肥——黃鉄矿渣，除了含鉄和銅外，也常含有其他微量元素，都是一些重要的植物营养元素，如鋅、鈷、鉬。

至于**錳肥**，可以采用可溶性錳盐（主要是硫酸盐，含 Mn 20%），其次是氯化錳，再次是硝酸錳或碳酸錳，或者天然軟錳矿（MnO_2）及錳矿渣——經选矿后的錳矿废渣（含 Mn 15—30%）。

我国的資源足以保証广泛地施用廉价的錳肥，例如給甜菜施肥时，就可以将尚未积极利用的大量錳矿渣代替純錳盐。此外，还有大量的硫酸錳（从生产活化軟錳矿中得到的）沒有利用起来。

水溶性鋅盐（硫酸鋅、氯化鋅等）或熔炼鉛矿时的副产品以及燒灼經过浮选的鋅精矿时的半产品——氧化鋅（很容易製成可溶性盐类）均可作为鋅肥。同时，直到目前还有大量的鋅矿渣沒有利用起来。

鈷是一种相当分散的元素，在鎳矿、錳矿和砷-鈷矿內都含有它。农业上所供应的鈷，主要是鎳矿渣和黃鉄矿渣加工后所製成的盐类。

釩是分佈較普遍、但相当分散的元素，它在許多矿石內的含量（在这些矿石里，它常与鉄、銅、鉛等矿物在一起）不超过 0.3%。因此，要想把它从矿石內分离出来，需要比較复杂的工艺加工程序。在苏联是用提炼熔渣的方法，从鉄矿內把釩分离出来。

鉬常大量和鎢、銅等有色金屬在一起，一般是硫化物、氧化物和盐类（含量不到 1%）。生产数量有限，同时，生产费用也較高。

碘 碘化鉀最适于应用在畜牧业和农业上，其製造方法比較簡单，沒有吸湿性，同时还含有对植物有利的鉀离子。目前主要是用吸附方法从冲洗水內提取碘，这样可以使农业上得到不太純淨、但价格低廉的製剂。碘肥可以充分滿足农业的需要。

根据当前地質学的研究情况和对上述微量元素产地的开发利用程度，以及对这些微量元素矿石的选矿技术水平和它們的化学工艺加工水平，足以保証农业上有充分而廉价的錳肥和鋅肥，硼肥及銅肥

尙不能充分供应,而鈷、鉬、釩等化合物只能供应少量。碘製剤的生产会得到大力发展。

为了製定发展我国微量元素肥料生产的措施，必須迅速开展有关农业上微量元素肥料效果的科学研究和生产研究，以便确定最合适的类型和怎样配合其他肥料施用，以及确定几种主要农作物对它們的需要程度和需要量。同时也应該开展生物化学、生理学和农业化学的研究,确定其他微量元素(包括放射性元素)以及鉻、鎢、鎳、溴等元素的使用前途。

結　論

为了尽快地解决有关微量元素肥料生产和使用的許多問題,必須:

1. 更有計划和有目的地对微量元素肥料的效果进行科学研究和生产研究。同时在苏联科学院或全苏列宁农业科学院內，有系統地召开从事于这方面研究的科学研究机关的会議，以便使这些研究符合科学工作計划,統一方法,並使研究对象标准化。这就能够使研究結果可以互相对比,同时还会提高工作速度,促进微量元素在农业生产中的运用。全苏肥料、农业技术和农业土壤研究所及 НИУИФ 进行了 15 年多的关于施肥的地理試驗系統,可以作为有計划的綜合工作的范例。

2. 及早确定不同农作物和土壤对微量元素肥料的需要情况,查明它們在最近几年的經济效果。首先要确定对微量元素肥料的需要程度,以及硼、錳、銅、鋅等化合物有哪些类型是最理想的。

3. 大力开展錳肥的生产研究，以便在最短期間內，彻底解决在什么样的土壤上、給哪些作物施用何种类型的錳肥最合适。

4. 应該研究鉄、鋁、矽等元素的使用条件。由于对土壤結构和土壤內代换反应的化学本質有了新的胶体化学的观念，因而使这一点显得更重要了。

5. 根据广泛的农业化学研究和技术上、經济上的計算，除了肯定多量元素肥料的生产和消費远景外，对微量元素肥料也应如此。

參 考 文 獻

Берлин Л. Е. 1939. Борная промышленность СССР и пути ее развития. «Химическая пром.», № 11.

Берлин Л. Е. 1949. Разложение минералов ашарита и гидроборацита серной кислотой. «Химическая пром.», № 4.

Вольфкович С. И. 1946. Химическая переработка борного сырья. Изв. АН СССР, Отдел. химич. наук, вып. 4.

Каталымов М. В. 1948. Значение бора в земледелии СССР. Сельхозгиз.

Морозова О. Н. 1938. Химия редких элементов. ГОНТИ.

Николаев А. В. 1947. Физико-химическое изучение природных боратов. Изд. АН СССР.

Плаксин И. Н., Юхтанов Д. М. 1949. Гидрометаллургия. Металлургиздат.

Поспелов И. В. 1947. Борные удобрения на подзолистых почвах СССР. Изд. АН СССР.

Сингаловский Н. 1932. Соли редких и цветных металлов. Госхимтехиздат.

Сонгина О. А. 1951. Редкие металлы. Металлургиздат.

Ферсман А. Е. 1939. Геохимия, IV.

[鄧鴻举譯]

鈷在地壳內的分布情况

Д. П. 馬留加

从鈷在地壳內的含量来看，是鉄族元素中"最少"的一种元素。

鈷的作用已經了解清楚了。它不仅在工业上有用途，而且近15年的研究証明，鈷也是动物生活所必需的元素。例如，在南澳洲、新西兰和苏联-波罗的海一帶（彼依夫和阿祖皮耶特，1949）及雷賓斯克区（克瓦里和切巴耶夫，1949），土壤和植物內缺鈷时，会使牛发生一些地方性疾病。

鈷在岩浆过程中的地球化学 虽然鈷在地壳內的平均含量据估計只有百分之零点几，但它不能算作稀有元素。尽管如此，可是根据苏联科学院生物地球化学試驗室的研究結果（馬留加，1949），发現各种岩石、天然水和有机体內都有鈷，並測定了它的数量。鈷也是隕石的固定組成部分，同时在玻璃隕石（馬留加，1949）、日球和星体的大气圈內也发現了它。由于鈷是地球化学的鉄族元素，所以可以判断出它在地壳內以鉄、鎳为基础的历史情况。我們曾經确定，鈷与本族鄰近的元素有一定規律的比例关系，因此，知道了鉄或鎳的含量，就可以十分精确地断定任何一种天然化合物中是否有鈷以及有多少。

研究了鈷在地壳內的分佈情况后証明，約有90%的鈷在火成岩內，主要是在基性岩和超基性岩內呈分散狀态。因此，无論在那一种由岩浆（如超基性岩浆、基性岩浆、中性岩浆和酸性岩浆）結晶成的岩石內，把鈷的含量和鉄族的其他元素比較一下不是沒有意义的（表1）。

表1的資料証明，这几种元素的分佈极不均衡，超基性矽酸岩內鈷最多（$3.2 \times 10^{-2}\%$），酸性岩內的数量最少（$4.0 \times 10^{-4}\%$），而中

表 1　鐵 族 元 素 在 火

岩　石	元　素　的　含				
	Ti	V	Cr	Mn	Fe
超基性岩………	0.25	0.12	0.350	0.15	8.8
基性岩…………	1.0	0.030	0.050	0.12	8.5
中性岩…………	0.40	0.023	0.045	0.11	4.76
酸性岩…………	0.418	0.005	0.0027	0.10	1.85

性岩內鈷的数量居中間地位 ($1.0 \times 10^{-3}\%$)。

表 1 的右側是鉄族元素的数量比例，这些比例从最基性岩至中性和酸性岩有規律地变化着。如果把超基性岩和其余三种岩石比較一下，就可以发現 Co：Ni：Cu 的差異最大。

上述資料証明，超基性岩不是在岩石的一般結晶过程中由基性岩浆形成的（基性的、中性的和酸性的），这可以从下列几个特徵来証实：(1) 当釩和鉻在基性岩、中性岩和酸性岩內的数量比較近似时，它們在超基性岩內的含量也相差很悬殊；(2) 超基性岩內鎳的含量較高等等。显然，形成超基性岩的熔融物是一种独特的岩浆或基性岩浆的熔解产物，但並不象某些外国学者所認为的是"初生"結晶产物。俄罗斯岩石学的奠基者 Ф. Ю. 列閩松-列辛格認为，富含鉄、鎳、鉻、鈷的矽酸盐岩浆能夠发生熔离作用，用实驗方法熔化一定的矽酸盐时也証实了这一点。

在鎂、鉄矽酸盐內（橄欖石、紫苏輝石），双价鈷和鎳、鉄 (Fe) 一样，可以由同晶的鎂代換。离子半徑相近的鈷 (0.82 Å) 和鉄 (0.83 Å) 也可以代換双价鉄。在富含鎂的超基性岩內（橄欖岩、純橄欖岩），离子半徑与鎂相同的鎳 (0.78 Å) 可以置換鎂。如果橄欖岩內含鉄量較高，則一部分鎳被鉄置換，而使岩石內的鎳相对地減少了一些。

正如表 1 所示，鎳和鈷的分佈决定于鎂的含量（基性岩含鎂

成岩內的含量

量 %			比例 Ti : V : Cr : Mn : Fe : Co : Ni : Cu (鈷的含量爲1)
Co	Ni	Cu	
0.032	0.300	0.04	8 : 0.4 : 11 : 5 : 275 : 1 : 9.4 : 1.3
0.0024	0.016	0.014	415 : 12 : 20 : 50 : 3540 : 1 : 6.5 : 6
0.001	0.0025	0.005	400 : 23 : 45 : 110 : 4750 : 1 : 2.5 : 5
0.0004	0.00085	0.003	1000 : 12.5 : 6.5 : 250 : 4625 : 1 : 2 : 7.5

10%,中性岩含鎂4%,酸性岩在1%以下),因此,在基性岩、中性岩和酸性岩內,可以看出鎳、鎂含量的一些比例关系。然而鈷和双价鉄之間也有一定的相关,这是由于它們的离子半徑近似的緣故。

鈷在各种火成岩內的分佈情况表明,它在地壳內的含量决定于分佈最普遍的岩石所佔的数量比例。据实地計算,酸性岩(花崗岩、閃长花崗岩)佔60%,中性岩佔4%,基性岩佔30.75%,超基性岩佔0.25%,沉积岩佔5%。根据这些数值和鈷在不同岩石內的含量不难确定,有80%以上的鈷是在基性岩內。鉴于富矿內鈷的数量比基性岩內的含鈷量少得多,所以应該把基性岩認为是鈷在生物圈中的主要来源。我們根据所有的資料估計,鈷在地壳內的平均含量为 $1.1\times10^{-3}\%$。

可供技术上利用的鈷为数很少,根据某些資料,在所有已經查明的鈷矿床和其他矿床內,鈷的数量不超过200,000吨,約佔地壳內的总含量(深16公里) $2.0\times10^{-9}\%$。可見,鈷是最典型的分散元素,这是由于它具有特殊的物理特性和物理、化学特性,同时又是单原子序数的元素(原子序数为27)。据A. E. 費尔斯曼的意見,这种元素有較活跃的极化作用。正因为鈷具有这些特性,才使它一方面与鉄、鎳、鉑族金屬共同参加到硫化物的熔离分离物里;另一方面又能参加到岩浆的揮发性餾出物里(这是形成鈷、銅、銀、鎳等元素的熱液硫砷矿石的原料)。在第一种情况下,主要是形成鉄、鎳的硫化矿:如

鎳黄鉄矿[$(Fe, Ni)S$]，鎳磁黄鉄矿(FeS)(成分不固定)和黄銅矿($CuFeS_2$)，其中鈷的含量一般不超过0.3%，鎳的含量可达5—6% [$Co:Ni = 1:15(20)$]。在第二种情况下，是形成熱液硫砷矿物，鈷在这里常常单独成矿：計有砷鈷矿($CoAs_2$)，斜方砷鈷矿[$(Co, Fe)As_2$](斜方晶系)。在这些矿石内，鈷的含量一般比鎳高($Co:Ni = 2:1$)，这当然与鈷化物在高温时揮发性較強有关。

由于鈷能与硫(砷、銻、鉍)形成化合物，而使其具有亲銅性和亲鉄性。在这方面，鈷的亲銅性比鎳、鉄都強，这显然是由于鈷对硫、砷离子有活跃的极化作用所致，因此，使鈷容易加入硫化物和亚砷酸盐等的"金屬"結构內。

在过去，硫化物矿和硫化亚砷酸盐矿(以及經变化的矿石)对全世界开采鈷具有重大的意义。但在目前，与超基性岩风化壳結合在一起的分散性鈷矿，鎳矽酸盐矿，鉄、錳的氧化矿則越来越具有更重要的意义。鈷在这些矿石內常以 $Co+Co_2O_3$ 存在于鈷土、錳鈷土及其他錳化物和鉄、錳化物內。至于鈷在风化层內的含量及其与其他鉄族元素的比例，将在下面研究鈷在生物圈內的迁徙作用时加以說明。

鈷在风化壳內的地球化学 鈷在地壳上层生物圈內的地球化学与它在地球深处的地球化学有很大区别。因为在风化壳內，以前所生成的天然化合物，由于高温和高压的影响都被破坏了。大块岩石和組成它們的矿物(其中包括最稳定的矿物)進入生物圈后，由于所处的物理化学条件和熱力条件不断变化而被破坏。这些条件的特点是：(1) 平均温度从 −70° 可达 +80°；(2) 压力不太高(1个大气压或高于1个大气压)；(3) 氢离子浓度变化剧烈(pH 为 1—12)；(4) 大气中有游离的氧；(5) 有生物体和生物遗体参加。許多形成岩石和矿物的地球化学过程都与这些因素有关，如：(1) 矿产地的形成与风化过程；(2) 沉积岩和可燃性生物岩的沉积与形成过程；(3) 成土过程等。

上述現象对大多数化学元素的集中和分散均有重大意义。其中有許多元素（錳、鋁、鈉、鉀、鈣、鎂、硼、磷、鈰、碘和大部分鉄、鎳、鈷、錫、鉑族元素等），只有在火成岩經风化后才能被工业上利用。

正如以前所发現的，与鎳在一起的鈷几乎全部含在輝长岩构造的岩石內（輝长岩、玄武岩、閃岩和苏长岩）。然而浓度最高的鈷（同鎳一样）是和鎂矽酸盐——如橄欖石、輝石——結合在一起，在上述岩石內，鈷的含量並不高。因此，对工业上有用的鈷的次生富集常常是指超基性岩而言［如純橄欖岩、橄欖岩，純橄欖石和輝石（斜方輝石、頑火輝石和古銅輝石）］。

鎳、鈷、銅、鉄、鋁、鎂等元素大量集中在超基性岩的风化帶內而成为各元素的矿床，是与稳定矿物（在表成作用条件下）的形成有关的：如含水矽酸鎳（$NiO + SiO_2 \cdot nH_2O$），鉄、錳、鈷的氢氧化物，碳酸鎂（菱鎂矿、蠟蛇紋岩），碳酸銅（孔雀石）等。鉄族元素的重新分佈也是与这个过程同时发生的。鈷被氧化成三价，並与錳（鉄）集中在錳鈷土內，因而使鈷的含量（与鎳比較）相对增加；鎳则以同晶形态混杂到綠高岭石矿的氧化鎂、鉄矽酸盐內，或形成含水矽酸盐矿物——暗鎳蛇紋岩、鎳綠泥石等。同时还发現上述元素在矿床垂直剖面內的分佈有一定的区域性，这是由于它們的化合物因溶液 pH 值的改变而具有不同的稳定性，或因为有不同的氧化力以及其他原因等。例如，在上层剖面內，由于富含氧气的酸性大气水的影响，pH 值一般不大于 5，因而使氢氧化鉄沉淀下来；在这种条件下，鎳、錳、鈷和銅则向下移动。当 pH 值較高时，则錳（鉄）与鈷和鎳一起沉淀下来，而成为含水矽酸盐。大部分鎳（和鈷）都被綠高岭石吸收，其中鎳的含量达百分之几，鈷只有千分之几。

超基性岩风化壳內的鎳矿床和鈷矿床，在大多数情况下都趋向于地面，形成扩散暈圈。上述两种矿床在南烏拉尔的許多地区內均有很大的走向面积。同时，正如地球化学与分析化学研究所生物地

球化物試驗室的研究所証明，由于土壤和天然水內含有过多的鎂、鎳（显然，其他化学元素——如氯等也同样如此），而形成的特殊的生物地球化学地方病，也与上述地区有联系。

鈷在生物圈內的地球化学　化学元素在地壳上部生物圈內的迁徙作用，与生物的关系非常密切。有机体为了本身的生命活动，除了利用日光能以外，还要参加物質循环，从地球上吸收大量的非有机物質。因而使其創造出一个特殊的外壳——生物圈；B. И. 維尔納德斯基首先确定了它在地球历史上的眞实意义。

根据 B. И. 維尔納德斯基的資料，生物体在很大程度上可以决定大气的成分（O, CO_2），調节水圈內許多元素的含量，促進可燃性生物岩（煤、石油、油母頁岩）和許多沉积生成的矿石积累在地壳內。

最近的研究証明，在有机体的組成內，几乎包括了所有的化学元素，其中也包括一些惰性气体（氦、氖、氬、氪、氙）、稀土金屬（鑭、鈰）和放射性元素（鈾、鉈、鐳）。

A. П. 維諾格拉多夫（1949）根据有机体內的含量，将化学元素分为下列三类（表 2）。

表 2　化学元素在有机体內的分佈情况

类　　别	元　　素	含量（佔活重的%）
多量元素	O, H C, N, Ca P, S, K, Si Mg, Fe, Na, Cl, Al	10^{1} 10^{0} — 10^{1} 10^{1} — 10^{0} 10^{-2} — 10^{-1}
微量元素	Zn, Br, Mn, Cu I, As, B, F, Pb, Ti, V, Cr, Ni, Sr Ag, Co, Ba, Th	10^{-3} — 10^{-2} 10^{-4} — 10^{-3} 10^{-5} — 10^{-4}
超微量元素	Au, Rb Hg Ra, Em	10^{-6} — 10^{-5} 10^{-11} — 10^{-5} 10^{-12} — 10^{-1}

鈷被列入微量元素內，微量元素的含量約为 0.00001%。同时，鎳的含量始終在鈷之上有規律地增加着，鈷的特点也正表現在这里。然而也有例外情况，正如我們以后所看到的，在地球表面內，鈷的含量經常高于鎳或与鎳相等。例如，在地球上的高等动物內，鈷的含量常常比鎳高，这显然与鈷在有机体內的特殊作用有关。因此，使我們注意到鈷在生物圈、沉积层、土壤、天然水和有机体內含量的变化情况。同时，我們也把这些資料与其他化学元素的含量，以及同鈷在一起的普通地質化学元素——鎳、鉄、錳、銅的含量加以比較。

鈷在沉积岩內的分佈情况　由于火成岩的风化作用，使当初在熱力学上稳定的矿物受到破坏，而形成新的矿物。結果，大大地打乱了化学元素（有时是特性相近的元素）原来的比例关系。肯定地說，在那些由于有机体的积极活动而形成的新生物內，以及物理和化学沉积物內（如海成沉积物和石灰石），最容易看到这些破坏情况。

文献上几乎完全沒有关于鈷在沉积物（与矿产地扩散暈圈无关的沉积物）內含量的資料。苏联科学院生物地球化学試驗室对沉积岩所作的分析有一部分已經发表了（馬留加，1947），因此，本文只是概括地談一下，用以說明在个別矿层的沉积相內含鈷量的变动范围（表 3）。

表 3　鈷在現代和古代沉積物內的含量

沉積物	取样地点	年齡	含鈷量	
			佔干物重的%	平均%
邊緣的砂質和黏土淤泥	黑海，深度 150—300 公尺	現代	3.5×10^{-4} 1.6×10^{-3}	8.3×10^{-4}
壳菜屬淤泥	黑海，深度 100—200 公尺	同上	3.5×10^{-4} 7.8×10^{-4}	6.1×10^{-4}
过渡型淤泥	黑海，深度 170—1500 公尺	同上	5.3×10^{-4} 1.4×10^{-3}	8.8×10^{-4}

表 3 （續）

沉積物	取樣地點	年齡	含鈷量	
			佔干物重的%	平均%
深海砂土和砂質淤泥	黑海，深度 500—1200 公尺	現代	4.0×10^{-4} 1.6×10^{-3}	1.0×10^{-3}
灰色深海淤泥	黑海，深度 700—2200 公尺	同上	1.0×10^{-4} 9.9×10^{-4}	7.5×10^{-4}
石灰質深海淤泥	黑海，深度 1700—2200 公尺	同上	6.6×10^{-4} 1.65×10^{-3}	1.33×10^{-3}
黏土淤泥	"北極"試驗站	同上	2.4×10^{-3}	
砂質淤泥	巴侖支海	同上	2.4×10^{-3} 2.6×10^{-3}	—
黏質淤泥	白海（中部）	同上	1.8×10^{-3}	
同上	馬內奇河（罗斯托夫州）	同上	7.6×10^{-4}	
江河淤泥層的上部淤泥	伏尔加河（白雅尔）	同上	9.2×10^{-4}	
新的江河淤泥層	伏尔加河（安尼諾村）	同上	9.0×10^{-4}	
河泥	伏尔加河（薩拉托夫城附近）	同上	4.0×10^{-4}	
花崗岩上的淤泥層	德涅泊尔河（塔沃尔然島）	同上	8.9×10^{-4}	
河泥	塞里-达利雅河（河口）	同上	8.65×10^{-4}	
河淤泥	阿姆-达利雅河（三角洲）	同上	1.6×10^{-3}	
鉄錳結核	白海（海濱和海中央）	同上	8.0×10^{-3} 1.0×10^{-2}	資料不多

表 3 (續)

沉積物	取樣地點	年齡	含鈷量	
			佔干物重的%	平均%
湖鉄矿	普努斯、土馬斯-雅尔維、彼德洛夫、拉姆巴、烏克什等湖泊	現代	1.0×10^{-3} 7.5×10^{-3}	
蓝色寒武紀黏土	塔林城克普里烏	寒武紀	1.5×10^{-3}	
海綠石	沃斯克列先斯克城(莫斯科州磷灰土开采地)		1.8×10^{-3} 2.6×10^{-3}	資料不多
冰磧石,混杂有結晶岩石碎片的紅褐色壤土	普拉夫區(土里州)		6.1×10^{-4} 2.7×10^{-3}	資料不多
砂岩	土依馬扎,布古里馬,舒古洛沃,布古魯斯兰	二疊紀	3.3×10^{-4} 1.8×10^{-3}	8.0×10^{-4} (10次分析平均)
海豆芽黏土	同上		5.7×10^{-4} 1.6×10^{-3}	1.0×10^{-3} (10次分析平均)
砂岩和杂色細砂岩	同上		3.3×10^{-4} 4.6×10^{-3}	1.5×10^{-3} (20次分析平均)
紅粘土	同上		2.0×10^{-4} 7.0×10^{-4}	3.4×10^{-3} (15次分析平均)
石灰石和白云石	同上		9.5×10^{-5} 2.5×10^{-3}	2.8×10^{-4} (10次分析平均)
石灰石和瀝青白云石、石油白云石	同上		4×10^{-5} 2.3×10^{-4}	資料不多
錳矿石	尼克波里城		5.8×10^{-4} 3.5×10^{-3}	2.0×10^{-3}
沉積鉄矿石	捷尔千,曲角,土里,赫普尔等地	古代	6.6×10^{-5} 8.6×10^{-3}	4.0×10^{-3} (30次分析平均)
岩盐	各地	現代的和古代的	1.6×10^{-6} 2.9×10^{-6}	2.1×10^{-6} (15次分析平均)

从表 3 資料可以看出，鈷在陸地和海洋沉积物内的分佈很普遍。同时，它的含量也是围繞着地壳内的平均含量上下变动，总平均为 $1.0\times10^{-3}\%$。在海洋鉄、錳結核内，鈷的数量最多；数量最少的是岩盐、石灰石和白云石（按絕对差数計算）。

对沉积岩所作的化学研究（俄罗斯的台地土壤就是在沉积岩的基础上形成的，如冰磧物、二叠紀的杂岩等）确定，平均含鈷 $1.0\times10^{-3}\%$，我們还可以進一步看到，这个数值正好与土壤内的平均含鈷量相符合。

鈷在土壤内的分佈情况 由于土壤和下伏岩相互发生長期的生物地球化学作用，使两者之間形成一种特殊的化学成分的动平衡，这种平衡决定于成土过程的条件和化学元素的个体特性。这些特性是：土壤和土壤溶液内的 Fe^{+2}、Fe^{+3}、Mn^{+2}、Co^{+2}、Ni^{+2} 等化合物的稳定性不同，以同晶物置換土壤矿物内（Fe^{2+}、Mg^{2+}）几种主要元素的比例不同，金屬的生物地球化学特性等。

关于土壤内有沒有稳定的鉄、錳、鈷（氫氧化物）等化合物，我們从 В. И. 維尔納德斯基（1943）及其他研究者的著作中，已經知道得很清楚了。除上述化合物外，土壤内还可以形成鉄鋁酸盐和鋁矽酸盐，它們对鎳、鈷等元素均具有选择吸收力。由于代表各气候区的风化条件不同，而形成不同的黏土矿物。在黑鈣土内是形成蒙脫石、白云母和絹云母，它們对鎳、鈷有較強的吸附力；在灰化土内主要是形成石英、高岭石和鉄、錳的氫氧化物等。因此，黏土矿物的定性成分可以影响鉄族元素的含量和相互之間的比例。正因为如此，才使每一个土壤帶内的化学元素均有其特殊的分佈情况，同时，鎳、鈷、鉄等元素的适当比例也可以表現出每一个土壤帶的特点。

鈷和鎳一样，在土壤内到处都有。把測定微量鈷的方法加以改進（如採用极譜法，亚硝基-R-盐的比色法），就可以測出鈷在土壤内的最低含量。由此也可以闡明，为什么在土壤和牧草缺鈷时，会使乳牛发生一种地方性疾病。

我們的工作目的是有系統地在下列几种土壤內研究鈷的含量：即（1）台地土壤；（2）矿区土壤；（3）某些地球化学区（山麓、荒漠）的土壤。要想达到这个目的，必須解决下列几个具有国民經济意义的問題：（1）根据土壤內的含鈷量找出鈷矿床的扩散暈在苏联境內的分佈地区，並闡明用什么方法才能达到这个目的；（2）找出土壤內含鈷量最少的地区，以便查明发生地方病的地区。

为了解决第 2 个問題，我們研究了苔原帶土壤、俄罗斯台地及山区（烏拉尔）的生草灰化土与灰色森林土、草原土、亚熱帶的紅壤和許多其他土壤。取平均样本進行分析，先将土壤搗碎，然后过篩。再将燒灼过的土壤溶于浓盐酸与硝酸的混合液內（即 10 份盐酸加入 1 份硝酸），直到砂土和黏土殘渣完全褪色时为止；反之，将土样与苏打熔融在一起；分离 SiO_2 后，用二磺乙二醯胺使鈷与鎳、銅一起沉淀下来，再用比色法或极譜分析法進行測定[具体方法我們在以前已經談过（馬留加，1950）]。現将部分資料列于表 4。

表 5 是表示在地球表面分佈最广的土壤內鈷的分佈情况。将表內数字与文献上有关西欧、美洲、澳洲及新西兰等不同国家的土壤分析資料比較一下，我們可以得出結論說，苏联的土壤在含鈷量上的变化很大—— 从 $4.0\times10^{-5}\%$ 至 $3.6\times10^{-2}\%$，几乎相差 1000 倍。其原因是由于在苏联的广闊領域內，拥有各种各样的地質条件和自然地理条件。

我們发現，在沿海及沿河地区的生草灰化砂土和半荒漠灰鈣土內，鈷的数量最少（$4.0\times10^{-5}\%$）；而南烏拉尔鎳矿区的栗鈣土和其他土壤內，鈷的数量最多（$3.6\times10^{-2}\%$）。

农业上最重要的土壤——黑鈣土、栗鈣土和灰化土，平均約含鈷 $1.0\times10^{-3}\%$，这对保証植物正常的飼料品質还算合适。土壤表面的腐殖質层內，含鈷量有些增加，說明鈷显然是集中在有机質內。这和我們以后所看到的情况一样，同时，植物分析的結果也証实了这点。

根据現有資料，鈷在土壤內的平均含量为 $1.0\times10^{-3}\%$。

表 4　苏联土壤内的含鈷量

土壤	取样地点	土層深度（厘米）	含鈷量佔干土的%：在不同深度內的变化	含鈷量佔干土的%：平均
泥炭潛育土	西比內	0—15	4.9×10^{-4}	2.87×10^{-4}
		15—25	1.5×10^{-4}	
		25—50	2.2×10^{-4}	
生草灰化壤土	莫斯科省	0—10	1.0×10^{-3}	8.55×10^{-4}
		35—45	9.3×10^{-4}	
		55—65	6.6×10^{-4}	
		95—100	8.3×10^{-4}	
灰色森林壤土		0—5	8.1×10^{-4}	7.2×10^{-4}
		20—25	6.4×10^{-4}	
		40—45	6.7×10^{-4}	
		75—80	7.8×10^{-4}	
		100—105	7.2×10^{-4}	
普通黑鈣土	卡曼草原农业試驗站	0—5	6.7×10^{-4}	8.0×10^{-4}
		24—32	5.6×10^{-4}	
		80—88	7.5×10^{-4}	
		128—144	1.2×10^{-3}	
亞速海沿岸黑鈣土	罗斯托夫省薩里斯克城	0—135	1.0×10^{-3}	1.1×10^{-3}
			1.3×10^{-3}	
淡栗鈣土	罗斯托夫省	0—115	6.8×10^{-4}	1.0×10^{-3}
			1.3×10^{-3}	
半荒漠灰鈣土	普利庫姆草原的包克列斯国营农場	0—150	3.4×10^{-4}	6.1×10^{-4}
			8.8×10^{-3}	
柱狀盐土		0—50	8.8×10^{-4}	1.2×10^{-3}
		—	1.3×10^{-3}	
亞热带紅壤	巴杜姆植物园	0—100	1.0×10^{-3}	1.3×10^{-3}
			1.5×10^{-3}	

表 4 (續)

土壤	取樣地點	土層深度(厘米)	含鈷量佔干土的%	
			在不同深度內的變化	平均
棕壤	費尔干山脈西南部坡地	0—130	8.5×10^{-4} 3.1×10^{-3}	1.5×10^{-3} (15次分析平均)
灰鈣土	費尔干山脈的山麓	0—105	1.2×10^{-3} 1.5×10^{-3}	1.3×10^{-3}
生草灰化砂土	拉脫維亞共和国	0—10	4.0×10^{-5} 1.5×10^{-4}	
生草灰化砂壤土	同上	0—10	1.7×10^{-4} 2.5×10^{-4}	
棕壤,重壤土	同上	0—10	2.5×10^{-4} 4.0×10^{-4}	
生草灰化濕草原砂壤土	雅洛斯拉夫省雷宾區	0—10	8.3×10^{-5} 5.5×10^{-4}	
栗鈣壤土,鹼化土,壤性鹼土。	南烏拉尔	0—5	5.0×10^{-3} 2.3×10^{-2}	2.0×10^{-2} (150 次分析平均)
森林生草灰化土	阿拉帕耶夫斯克第2波斯克孪鉄矿矿井	0—5	1.3×10^{-3}	
生草沼澤土(在鉄錳石矿的上面)	阿拉帕耶夫區的伊万諾夫矿井	0—5	7.5×10^{-3}	
森林生草灰化粘土	烏发列依區的鎳矿矿井	0—5	1.2×10^{-3}	
暗色栗鈣土(鎳矿區)	南烏拉尔	0—5	1.0×10^{-2} 3.6×10^{-1}	

表 5 鈷在天然水內的含量

天然水	取样地点	取样深度(米)	含鈷量 %	
			变化范圍	平均
矿井水	阿尔明尼亞和阿塞拜疆的銅矿	各种不同深度	1.2×10^{-6} 2.4×10^{-3}	2.1×10^{-5} (10次分析平均)
硫酸盐矿井水	南烏拉尔的硫化鎳矿区	40	1.6×10^{-4}	—
蛇紋岩中的地下水	南烏拉尔	10	2.9×10^{-7} 1.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}
大理岩和多稜閃长岩中的地下水	中烏拉尔的新切列姆山卡	20	5.0×10^{-7} 1.5×10^{-6}	1.2×10^{-6}
灰壤中的土壤水	莫斯科州	A 層	3.0×10^{-7}	—
河水	伏尔加、德涅泊尔、顿、鄂畢、烏拉尔等河	表面	7.4×10^{-8} 1.9×10^{-6}	2.5×10^{-7} (15次分析平均)
內陸湖水	巴依卡尔等	同上	3.3×10^{-8} 6.6×10^{-7}	2.0×10^{-7}
海水	黑海、巴侖支海等	不同深度	1.5×10^{-7} 4.8×10^{-7}	2.0×10^{-7}

对于鈷在土壤內的分佈情况与鉄族其他元素的关系加以研究，可以揭露某些元素在积累和分散上的一些特性。例如，在灰化土內，上层土壤一般缺乏重金屬，而下层土壤（B_2）却常常可以遇到累积起来的鉄、鎂矿石。

草原土壤所以有很高的肥力是与上层土壤所累积的一些化学元素有关的，这些土壤最重要的特性是它們能通过土壤溶液上升至表面的途徑来自行恢复肥力。这是由于在外烏拉尔南部干旱的草原上，位于鎳矿区的土壤內累积有大量的鎳（达 0.5%）和鈷。

鈷在天然水內的分佈情况 水圈的化学組成主要是决定于大海

和海洋，因为它們佔整个水圈 99% 以上。所以，要想研究鈷在水圈內的平均含量有多少，就必須确切地了解它在海水內的数量。我們的目的除了想說明鈷在陸地天然水內的分佈情况，以便找出它随水轉移的途徑之外，还想說明这种移动途徑对鈷在生物圈內的集中和分散的影响如何。根据 B. И. 維尔納德斯基的意見，天然水“是一种复杂的动平衡体系，它与周围环境的关系极为密切”。同时，維尔納德斯基还特别強調指出，水与棲居在水內的生物体有非常紧密的联系，他認为，天然水的化学动态主要是决定于有机体。

鉴于天然水是一个統一体，它容易从一种物态轉变成另一种物态（例如从液体轉变成冰或水汽），因此，对它在地壳內的地球化学作用也不难估計出来。

水参与形成矿物的岩浆、伟晶和熱液等过程，在高温作用下也参与化学元素的迁徙作用。地表上的天然水可以促進結晶岩（或由結晶岩組成的矿物）风化。河水能夠輸送悬浊液或溶液状态的化学元素。

因此，为了測出天然水在鈷的迁徙上究竟起多大作用，必須了解鈷在地下水（地层水、矿井水和土壤水）、大陸地表水（河水、湖水）和海洋水內的含量。表 5 是本人在这方面所得資料中的一部分。

地下水差不多都比地面水含有更多的鈷，銅矿和鎳矿床的酸性硫化物矿井水含鈷最多。虽然蛇紋岩內的鈷比碳酸盐沉积岩多数百倍，但在取自蛇紋岩和大理岩的鹼性水內，含鈷量是一样的。由此可見，当 pH 高于一定数值时（$pH = 6.6$），不論周围的岩石內含有多少鈷，它在溶液內实际上是不存在的。

地下水的分析結果証明，重碳酸盐 [$Co(HCO_3)_2$] 是地下水內呈 Co^{2+}（Ni^{2+}、Fe^{2+}、Mn^{2+}）态的主要化合物。所有其他类型的化合物（硫酸盐、氯化物）只具有次要的意义，而在大多数情况下，它們都是发生在硫化物矿床和石油水內。

在沒有空气氧的情况下，也就是在还原帶內，每升溶液中百万分

之几克分子的重碳酸鈷能夠长期保存在溶液內，同时，可溶性的 CO_2 也有助于这种現象。在含碳酸盐的地下水內，含鈷量若低于 $1.0\times10^{-6}\%$，則說明它与空气氧发生了联系。因而使它們在鈷、鎳、鉄和錳的含量上都与地面天然水相近。

空气氧的影响在于氧化鉄、鈷、錳的重碳酸盐，使这些矿物的氫氧化物很快地分离出来。鎳常与上述元素分开，並在一定的 pH 值下（pH = 7.6），形成独立的矿物——含水矽酸盐（$NiO + SiO_2$）。

天然地表水、河水和海水平均含鈷 $2.0\times10^{-7}\%$。地表水內鈷和鉄族其他元素的含量是很少的，这是由于地表水內的 pH 值較高（7 至 8.3），使这些元素的化合物（重碳酸盐）失去了稳定性。因此，在海水內能否找到这些元素的离子还是一个疑問。对鉄所作的試驗証明，海水內約有 80% 的鉄呈不溶解的离子状态（氫氧化物、浮游微生物）；其余的鉄，A. П. 維諾格拉多夫認为（1944），可能暂时与有机体的分解产物結合在一起。

在鎳、鈷方面也有一些事实說明，除离子溶液外，它們还可以在地面天然水內形成一些能借过濾看出来的化合物。如果水內的有机質較多，則会減少上述化合物的数量，从而使鈷和其他鉄族元素的含量都提高了（例如，在某些北方的河水与沼泽湖水內就是如此）。这里除了受較低的氧化勢能的影响外（溶液的 pH 值），有机化合物（古敏酸盐）也有很大影响，它可以增加地表水的含鈷量。

A. П. 維諾格拉多夫（1935）及本人（馬留加，1946）的工作确定，海生植物和动物均含有鎳、鈷、銅。此外，H. Г. 霍洛德內、B. C. 布特嗒維奇、B. B. 彼尔菲里耶夫等人的研究証明，有些微生物（鉄細菌）在本身的生命活动过程中，能夠利用鉄、錳（鈷也可能如此）的亚氧化物，同时从海水和其他天然降水內将这些元素分离成沉积物，鉄錳結核內的含鈷量較高显然是与这点有关的（参看表 3）。

河流和不太大的死水池內的含鈷量，主要是决定于它在岩石、土壤以及流向毗連水池的土壤水和地下水內的含量。每年从河水流入

海洋內的鈷約有 500,000 吨（超过已查明的鈷矿埋藏量 1.5 倍）。这意味着再过 52,000 年后，海水內的含鈷量就会增加 1 倍。然而根据現有的一些間接的証据，当前从陸地上所攜帶的物質对海水內鈷、鎳、鉄的含量影响很小。这是由于在整个地質年代里，已經固定下来的水圈之外的盐类状况，經常受到內部的生物地球化学过程的調节。

鉄族元素在現代盐类和古代水池內的含量及比例变动很小，是海水成分比較稳定的証据之一。現将鈷在盐类中的含量列入表 6，以兹証明。

表 6 不同年代岩鹽中的含鈷量

岩盐的取样地点	年龄	含鈷量 %	
		变动情况	平均
洛姆內，扎苏里耶，佐洛土赫山	泥盆紀	2.6×10^{-6} 2.7×10^{-6}	2.6×10^{-6}
古里也夫、奇卡洛夫、斯大林格勒等州不同深度的盐丘	二叠紀	2.2×10^{-6} 2.9×10^{-6}	2.5×10^{-6}
扎卡尔帕特州赫魯曉夫盐非	第三紀	1.6×10^{-6}	1.6×10^{-6}
爱里通、布赫特、卡拉-包加兹、德日阿克斯-克雷奇等湖泊（鹹海）	現代	1.6×10^{-6} 2.1×10^{-6}	1.8×10^{-6}

至于在海盆地衰退过程中所生成的盐类里，扩散性元素的分佈問題，正如 A. П. 維諾格拉多夫（1944）所指出的，沒有引起学者們应有的注意。但从上面所举的例子里可以看出，研究这些問題对地球化学研究有很大意义。

鈷在植物內的分佈情況 大家都知道，有机体从两方面参加化学元素的地球化学迁徙作用：（1）利用化学元素作为自己軀体的构造成分和机能成分；（2）通过生物界与无机界多方面的联系（土壤的气体交換、天然溶液中的物理过程和物理化学过程），間接吸收化

学元素。通过生物活动而放出的二氧化碳和游离的氧，是有机体对无机界发生間接作用的重要因素。

关于在植物内发現鎳和鈷的初步資料，B. И. 維尔納德斯基早在 1922 年就发表过了。

后来，俄国学者和外国学者的工作都指出了鈷在植物叶片、果实和种子內的平均含量：卽蔬菜和果树的叶片为 $3.0\times10^{-5}\%$，种子为 $3.6\times10^{-6}\%$（荞麦、兵豆），果实和块莖为 $5.0\times10^{-6}\%$，树木（皮层）为干物質的 $1.0\times10^{-5}\%$。

文献上有关鈷在植物內含量的資料很有限，因此，在結論中不得不利用我們仅有的一些材料。根据上述資料，鉴于鈷在植物生长环境中（土壤、水）的分佈情况不太均匀，因而可以推断出它在植物內的含量也是不一样的。所以我們用选择植物样本的方法来解决这个問題，这些样本包括：（1）海生植物；（2）淡水植物；（3）沼泽植物；（4）灰化土帶植物；（5）草原地帶植物。現将多次結果的資料列入表 7。

我們发現，鈷的浓度最高的不是矿区植物，而是海藻。海生植物平均含鈷 $2.5\times10^{-5}\%$（佔活物質），含鎳 $3.0\times10^{-5}\%$，含銅 $2.8\times10^{-5}\%$。在海生植物的活物質內，銅、鎳，特别是鈷的含量超过海水許多倍。同时，海生植物 Co : Ni : Cu（1:1:1）也与海水（1:2:10）有明显的区别。根据这些資料可以看出，鈷与鎳、銅比較起来，有多一半是集中在海藻內。

在淡水植物內，鈷的含量不如海生植物多。而在富含錳和鉄的植物內（*Trapa natans* L.），鈷比鎳多（Co : Ni = 2:1），这是在有机体的参与下，鈷、鎳比例遭到显著破坏的一个例子。

沼泽植物和沿海植物最缺乏鈷，灰化土上的植物，含鈷量則較高，草原植物的含鈷量更高。沿海植物含鈷量較低的原因，据我們所知是由于沿海土壤內极度缺乏鈷的緣故，同时这也是当地牲畜发生一些地方性疾病的原因。

表 7 鈷在植物內的含量

植物及其产地	取样时間(公曆)	鈷在活物質內的含量	
		不同样本內	平均 %
海生植物：巴侖支海，黑海等	1935	6.7×10^{-6} 6.6×10^{-5}	2.5×10^{-5} (10 次分析平均)
淡水植物：斯塔洛謝里也，基也夫州等	1936	1.7×10^{-6} 6.2×10^{-5}	1.6×10^{-5} (15 次分析平均)
沼澤植物和海岸植物：斯塔洛謝里也，茲文尼城等地	1936	1.6×10^{-6} 3.2×10^{-5}	6.0×10^{-6} (15 次分析平均)
采自草原土(黑鈣土，栗鈣土)：沃龙涅日、罗斯托夫等州	1936	1.2×10^{-6} 2.0×10^{-5}	1.0×10^{-5} (10 次分析平均)
采自灰化土：莫斯科、土里等州	1938	1.0×10^{-6} 2×10^{-5}	7.5×10^{-6} (20 次分析平均)
采自鎳矿区的草原土壤：南烏拉尔	1938 1948 1949 1950	2.8×10^{-5} 3.6×10^{-3}	1.0×10^{-4} (100次分析平均)

鈷在动物有机体內的分佈情况 在土壤和作为食料的植物內发現鈷后，自然会使人們想到，人体和动物內是不是也有鈷。

根据現有資料，在陸地动物不同的器官和組織內，鈷的含量为活重的 1.0×10^{-6}—$7.5\times10^{-5}\%$ (平均为 $1.0\times10^{-5}\%$)，並且几乎一向都比鎳的含量高 1—2 倍。

海生动物的含鈷量往往高于陸地动物，平均为 $2.0\times10^{-5}\%$。鎳的含量則与鈷的含量相同或低于后者。

虽然在动物食料的植物內，鈷的含量比鎳低，但动物有机体对鈷是有选择性的，因而使它在器官和組織內的相对浓度(与鎳比較)增高。这种不相称的情况是确定鈷在动物有机体內生理意义的重要标志。

鈷在煤炭和石油內的分佈情况 煤炭內的含鈷量为1.0×10^{-4}—

$1.5\times10^{-2}\%$,平均为 $2.0\times10^{-3}\%$。对烏拉尔某些矿床煤灰分的綜合样本研究的結果，我們得到了与上述平均含鈷量近似的数值，即 $2.5\times10^{-3}\%$。

在石油內发現釩、鎳、鈷、銅及其他鉄族元素，关系到石油的起源和迁徙等問題的解决。例如，已經确定，在上二叠紀的石油和瀝青內，Ni : V 平均为 1:5；而在北卡姆斯克石油內，平均为 1:1 等等。这些比例相当稳定，並且是这些石油普遍的特点（古里亚耶夫，1945）。鈷和銅是共生序列中不太稳定的成分。

鉄族元素在石油內的数量极不稳定，因此，几乎不可能找出它們的平均含量。例如，鎳在石油灰分內的含量为 $10—6.5\times10^{-3}\%$；鈷为 $0.1—2.5\times10^{-3}\%$。尽管鎳、鈷、銅、釩及其他鉄族元素在石油內的数量有很大变化，但有时也能順利地找出这些元素在数量比例上的規律，用来解决各种地球化学問題。

結　　論

1. 鈷在地壳內的含量与其他鉄族元素（鈦、釩、鉻、錳、鉄、鎳）比較起来，是分佈最不普遍的元素。鈷在地壳內的平均含量为 $1.0\times10^{-3}\%$，Co : Ni = 1:6。

2. 鈷是一种非常分散的元素，这与沒有独立的鈷矿床是有关系的。超基性岩內含鈷最多，平均为 $3.2\times10^{-2}\%$。随着岩石的酸度增加（鎂、鈣的含量減少），鈷的含量也降低了：如基性岩（輝长岩、玄武岩）为 $2.4\times10^{-3}\%$，中性岩（正长岩、花崗岩、閃长岩）为 $1.0\times10^{-3}\%$，而酸性岩（花崗岩）为 $4.0\times10^{-4}\%$。超基性岩內 Co:Ni = 1:10，酸性岩則为 1:2。

3. 鈷在沉积岩內的含量，据估計平均为 $1.0\times10^{-3}\%$。含量多少因沉积物的岩相特性而不同，而且与鈷同鎳、鉻、釩、鉄数量比例的破坏也有关系。这些比例对研究沉积物的起源和年代都有一定意义。

4. 对俄罗斯台地土壤及边疆山区土壤（南烏拉尔、北高加索）所作的比較研究，可以找出含鈷量（或其他鉄族元素如鉄、錳、鎳）較高和較低的土壤帶。在苏联的灰化土內，鈷的含量为 $4.0\times10^{-5}\%$ 至 $1.0\times10^{-3}\%$，黑鈣土为 $5.0\times10^{-4}\%$ 至 $1.5\times10^{-3}\%$。根据現有的全部資料，鈷在土壤內的平均含量为 $1.0\times10^{-3}\%$，Co:Ni = 1:3(4)。

5. 在鎳矽酸盐扩散性矿床的土壤內，鈷的含量为 $1.0\times10^{-2}\%$ 至 $3.6\times10^{-2}\%$。Co:Ni = 1:10(15)。

矿床內鈷与鎳的比例不同于一般的比例，可以用它来作为探尋鎳矿的标志。

6. 鈷在地表天然水內的含量平均为 $2.0\times10^{-7}\%$，在地下水內的含量为 $1.0\times10^{-6}\%$。土壤水內的含鈷量接近地表水的含量，这表明鈷在土壤內的移动性是很小的。

7. 植物內的含鈷量（采自不同土壤的植物），与矿床的扩散量无关，約为活重的 $1.0\times10^{-6}\%$ 至 $2.0\times10^{-5}\%$。Co:Ni = 1:3。在鎳矿床土壤上生长的植物，含鈷量比一般多到 10 倍。

根据現有的全部資料，鈷在陸地动物不同的器官和組織內的含量为活重的 $1.0\times10^{-5}\%$ 至 $7.5\times10^{-5}\%$（平均为 $1.0\times10^{-5}\%$），并且經常比鎳的含量高 1—2 倍，动物体內含有較多的鈷毫无疑問地表明了它对动物的生理意义。

參 考 文 獻

Виноградов А. П. 1935. Химический элементарный состав организмов моря. Тр. Биогеохимич. лабор., тт. 3, 5.

Виноградов А. П. 1944. Геохимия рассеянных элементов морской воды. «Успехи химии», т. 13, вып. 1, 16.

Виноградов А. П. 1949. Биогеохимические провинции. Тр. Юбил. сессии, посвящ. 100-летию со дня рождения В. В. Докучаева. Изд. АН СССР, стр. 59—84.

Вернадский В. И. 1934. Очерки геохимии. М.

Гуляева А. А. 1945. Опыт корреляции нефтей и битумов Урало-Поволжья по микроэлементам.

Ковальский В. В. и Чебаевская В. С. 1949. Значение кобальта в питании романовской овцы. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 2, 45.

Малюга Д. П. 1946. К геохимии рассеянных Ni и Co в биосфере. Тр. Биогеохим. лабор. АН СССР, т. 8, 75.

Малюга Д. П. 1947. К вопросу о корреляции пермских пестроцветов по содержанию в них Co, Ni, Cu и других элементов группы железа. ДАН СССР, т. 58, № 8, 1709.

Малюга Д. П. 1949. К познанию природы тектитов. «Метеоритика», вып. 6, 92.
Малюга Д. П. 1950. Методы определения микроэлементов. Изд. АН СССР, М.— Л., стр. 45.
Пейве Я. В. и Айзупиетте И. П. 1949. О содержании кобальта в почвах Латвийской ССР. Latvijas PSR Zinatnu Akad. Vestis, № 5 (22), 19.
Сауков А. А. 1950. Геохимия. М., стр. 228.

[鄧鴻舉譯]

拉脫維亞共和国土壤內的鈷及其在农业中的意义

Я. В. 彼依維

在拉脫維亚共和国，畜牧业是社会主义农业的一个主要部門。为了順利发展畜牧业，必須建立稳固的飼料基地，供給有价值的飼料，滿足牲畜所需要的各种微量元素和維他命。植物营养所需要的化学元素也是动物有机体的組成部分。

В. Р. 威廉斯院士曾一再指出不要割裂作物栽培和畜牧业之間的联系。在繼續发展这个原理的同时，必須指明，飼料內沒有鈷、銅、錳、鋅、碘等微量元素，牲畜就会由于发生一些疾病而受到損害，严重降低它們的生产力。飼料成分內沒有微量元素，也不可能在畜牧业中建立有价值的飼料基地。

鈷是一种微量元素，它在土壤里缺少可給态鈷的地区和省分的农业中有重大意义。同时鈷是动物有机体（植物和动物）的組成部分，在有机体內完成一定的生物学作用。В. И. 維尔納德斯基院士早在 1922 年就曾确定，鈷广泛的分佈在高等和低等植物中。

Д. П. 馬留加（1946）在苏联科学院生物地質化学試驗室內，曾就鈷、鎳和銅在土壤里的含量进行了广泛的研究。

鈷在植物体內的含量决定于土壤里是否有可給态的鈷。生长在缺鈷土壤上的植物，含鈷量也是不多的。家畜（主要是羊和牛）吃了这些含鈷量不够的植物飼料，就会发生地方性疾病，而使牲畜衰弱，显著降低生产力。根据拉脫維亚共和国科学院畜牧和动物卫生研究所的研究（Я. М. 別尔津），在拉脫維亚共和国不同地区內，牛得了这种病时，可以用鈷製剂治好。

拉脱維亚共和国科学院土壤与耕作研究所曾研究了共和国的不同土壤內有效态鈷的含量（Я. В. 彼依維和 И. П. 阿依祖皮耶切，1949），並画出鈷在土壤里含量的图解。凡是土壤內缺乏可給态鈷的地区也是家畜的地方性疾病发生最普遍的地区。

工 作 方 法

供研究用的土壤样本多半是从腐殖質层內取来的，在标准土壤上曾研究了整个土壤剖面。为了画出有效态鈷在拉脱維亚共和国土壤內的含量的图解，对腐殖質层的上层土壤加以研究是最恰当的，这层土壤在很大程度上决定植物的发育情况，並能表明其余土层的含鈷量。

我們用 10% 的盐酸来研究鈷，它可以将全部能为植物吸收的鈷取代出来。

将經 1 毫米篩孔的篩子篩过的 50 克风干土一边攪动一边用 10% 的盐酸 250 毫升进行处理，然后靜置 24 小时。将提取液过滤后，取 50 毫升滤液放在水浴蒸发皿內蒸干。蒸发后所得的沉淀物用 5 毫升硝酸浸湿（硝酸按 1:1 的比例兌水），再重新放在水浴蒸发皿內蒸发。

将硝酸第一次蒸干后所得的干物質放在坩堝內，使其短时間內燒成金黃色，然后用同样数量的硝酸浸湿，再蒸发、燒灼。第二次燒灼必須使有机質徹底破坏，因为它妨碍对鈷的測定。把燒灼后的殘渣溶于盐酸內（1:2），在水浴蒸发皿內将溶液加热 20 分鐘，然后再过滤到小燒杯內，放在水浴蒸发皿內蒸干。为了使还原物得到氧化，在蒸干的殘渣內加入 0.5 毫升盐酸（1:1）、三滴硝酸和 10 毫升水，然后再适当地加热到盐类完全溶解时为止。将所得溶液煮沸 1 分鐘，加入 2 毫升 0.1% 亚硝基-R-盐的水溶液和 5 毫升 40% 醋酸鈉溶液。把液体煮沸 45 秒，加进 3 毫升 HNO_3(1:1)，以便解除鉄、銅和鎳等化合物的顏色，再継續煮沸 45 秒。将小燒杯內的溶液放在涼

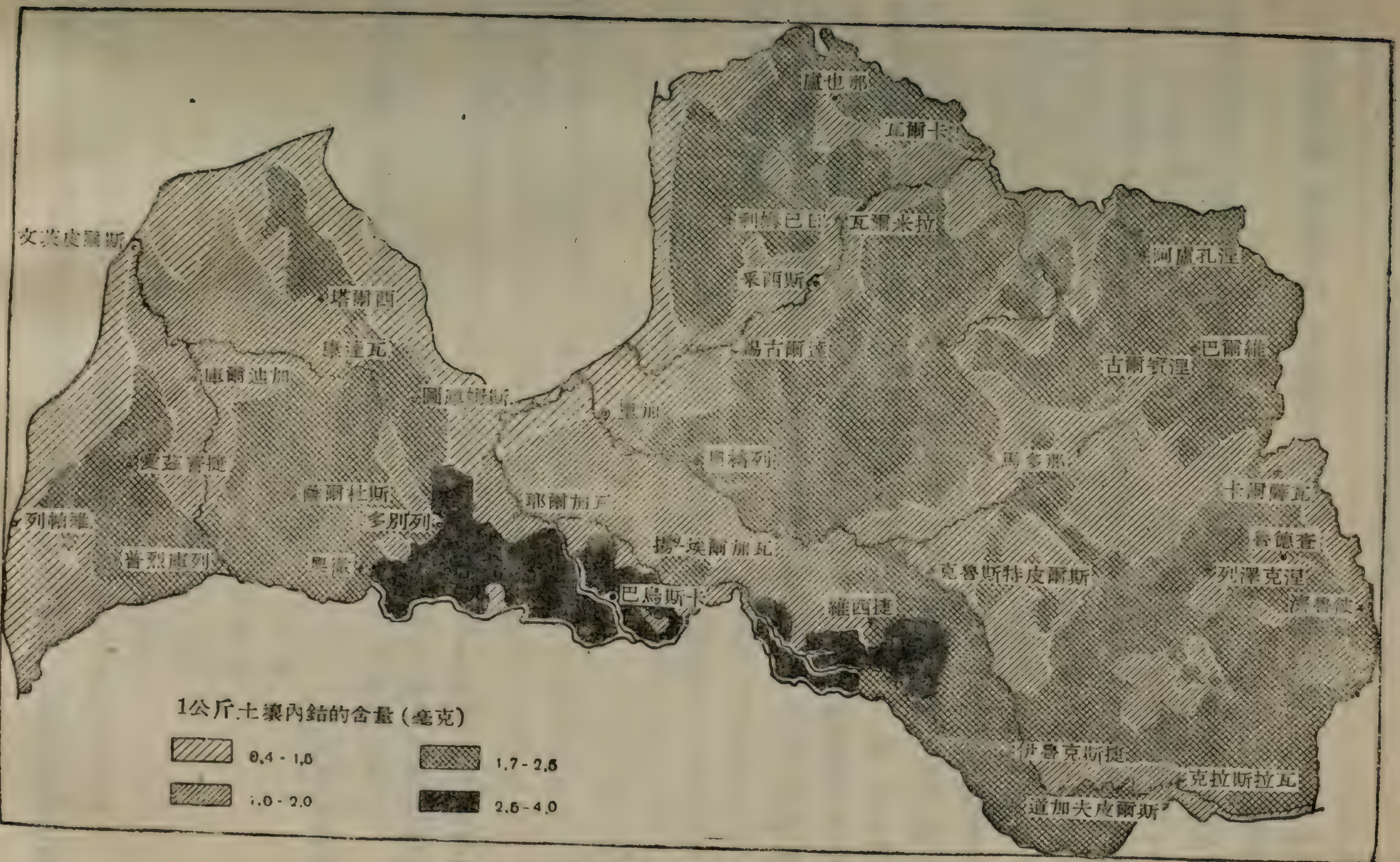


圖 1　在拉脫維亚共和国土壤內鈷的含量圖解

水內加以冷却，倒入容积为50毫升的量瓶內，加水稀釋，裝滿量瓶为止，並混合之。

溶液內的含鈷量是在扎果尔工厂的光度計上用"S-53"濾光器测定的。标准溶液內鈷的浓度是 0.00015—0.00074 毫克/毫升。根据标准溶液的分析結果画出比例曲綫：横坐标表示鈷的浓度 γ（=1/1,000,000克）；縱坐标表示透光度（Д）。用这个曲綫来进行分析。

把分析溶液放在高50毫米的薄皿內，同时也在另一个同样的薄皿內测定溶液的透光度。

为了对鈷进行定量分析，曾利用了比色法（用亚硝基-R-盐）。亚硝基-R-盐（1-亚硝基-2萘酚-3，6-磺胺基鈉）与鈷产生稳定的顏色反应（呈紅色）。这种顏色在加硝酸煮沸时並不脫色，而被染色的其他元素（如鉄、鎳、銅）的化合物則脫色，因而妨碍不了对鈷的测定。M. И. 特洛依茨卡婭和 T. B. 扎格洛基娜（1947）建議，比色的范围为0.006—0.040毫克时用上述方法来测定鈷。

分　析　結　果

为了进行分析，我們从拉脫維亚共和国不同地区內取来各种土壤。在对各种土壤的分析結果进行分类时，我們順利地确定，在波罗的海沿海一帶和里日海湾的輕質砂土，以及沼泽土最缺乏鈷。而分佈在捷姆加尔地区的褐色土壤則能保証足量的鈷。

現将拉脫維亚共和国生草灰化土的含鈷量列表如下（每公斤土壤內的毫克数）：

砂土	0.4—1.5
砂壤土	1.7—2.5
壤土和褐壤	2.3—4.0
沼泽土	1.0—2.0

在个别地区內，由于集体农庄和国营农場的土壤不同，也可以遇到一些含鈷量不同的地块。例如，在彼切尔尼耶克試驗站內，就使牛

感到鈷不够，我們发現土壤內的含鈷量如下(表1)。

表1　在彼切爾尼耶克試驗站土壤內的含鈷量

土壤	土地	含鈷量(每公斤土壤內的毫克数)
暗色沼澤土	栽培草地	1.10
熟化暗色沼澤土	大田	1.20
同上	牧場	1.35
砂質生草灰化土	森林	0.45

彼切尔尼耶克試驗站內所有經过研究的几种土壤都是屬于能供給足量鈷的土壤。砂質生草灰化土則含鈷量最少。

在耶尔加瓦县的里耶尔普拉統試驗站內，多半是能充分供給鈷的褐壤(生草碳酸盐壤土)。但在这个試驗站內也有一些砂土地块是缺鈷的(表2)。

表2　里耶尔普拉統試驗站土壤內的含鈷量

土壤	土地	含鈷量(每公斤土壤內的毫克数)
粘重褐壤	大田	4.0
	草地	3.7
砂質生草灰化土	大田(栽培黑麦)	0.4

位于捷姆加里窪地褐壤上(生草碳酸盐重壤土)的“納柯特湼”集体农庄的土壤也不缺鈷：

土地	含鈷量(每公斤土壤內的毫克数)
苜蓿地	3.2
大田	2.4
大田(丰产組)	3.2
大田(第二丰产組)	2.4

在这个集体农庄內也未发現因为缺鈷而使牛得病。

在彼切尔拉烏克試驗站的生草碳酸盐土壤內，每公斤土壤中的

含鈷量为 2.6 至 3.0 毫克。

拉脱維亚共和国科学院土壤与耕作研究所斯坎加尔田間試驗室的生草碳酸盐壤土內，每公斤土壤含鈷 2.8 到 3.2 毫克。

美若特宁試驗站的生草碳酸盐和生草灰化土的含鈷量如下（表 3）：

表 3　美若特宁試驗站土壤內的含鈷量

土壤类别	土地	含鈷量（每公斤土壤內的毫克数）
	苜蓿地	3.85
生草灰化壤土……………………	里也魯彼河沿岸的草地	2.75
	草地	3.30
	森林	2.50
	牧場	2.40

由此可見，凡是拉脫維亚共和国分佈有生草碳酸盐和生草灰化粘重壤土的地区（主要是耶尔加瓦、巴烏斯卡、多別列和也列依等区）均屬于不缺鈷的土壤。

图庫姆斯区的砂土和暗色土含鈷量較少，每公斤土壤只有 0.9—1.7 毫克，而該地区的壤土却含有較多的鈷。

我們在塔尔辛等区也遇到缺鈷的砂土和沼泽土。

經过長期熟化的土壤（播种多年生牧草，系統地施用有机肥料和矿質肥料）含有丰富的鈷。例如，經过充分熟化的斯天定选种試驗站的砂壤土，每公斤土壤含 2.3—3.2 毫克鈷，而該試驗站熟化不充分的砂壤土只含 1.3—1.4 毫克鈷。

至于塔尔西区"蜜餞"集体农庄土壤內的含鈷量可以从下列資料看出来（表 4）。

位于里日区松树林和与其毗連的干谷、草地与牧場的沿海地帶的砂土非常缺鈷，每公斤土壤只含有 0.4 至 1.3 毫克。里日区的暗色

沼泽土含有 1.5—2.0 毫克。

表 4 "蜜餞"集体农莊土壤內的含鈷量

土壤类别	土地	含鈷量(每公斤土壤內的毫克数)
生草灰化壤土…………………	草地	1.4
	大田	1.30
	大田，森林	1.50
生草灰化壤土………………………	大田	2.15
暗色土………………………………	湖泊沿岸的草地	2.0

在拉脫維亚农学院"拉莫瓦"实习农場的熟土內含 1.9 毫克鈷(每公斤土壤)，而充分熟化的暗色沼泽土含有 2.2 毫克。

里日区奇拉因試驗站的暗色沼泽土，每公斤土壤含 1.9 毫克鈷。

以上所确定的、鈷在不同土壤內的分佈規律証实了拉脫維亚共和国其他地区所作的研究。

結　論

1. 鈷是农畜所必須的营养元素。 飼料中的含鈷量决定于土壤中可給态鈷的含量，生長在缺鈷土壤上的飼料，鈷的含量不能滿足家畜的需要(特別是牛和羊)，因而使牠們发生一些地方性疾病。因缺鈷而发生的疾病可以用鈷制剂治好。

2. 为了确定能保証植物对鈷的最低需要的土壤帶，我們曾对拉脫維亚共和国不同地区的各种土壤进行了农业化学分析，测定它們的含鈷量。最缺鈷的土壤是波罗的海沿海一帶和里日海湾的輕質生草灰化砂土(每公斤土壤含鈷 0.4—1.5 毫克)。

3. 在缺鈷的沿海地帶的砂土和鄰近的輕質暗色沼泽砂土(每公斤土壤含 1.0—2.0 毫克可給态鈷)等地区內，发現牲畜由于缺鈷而引起地方性疾病。在能充分供应鈷的生草灰化壤土和捷姆加里窪地的

生草碳酸盐壤土佔多数的地帶內，每公斤土壤含鈷 2.5 至 4.0 毫克，牲畜也未因飼料中缺鈷而受到損害。

4. 由于土壤种类和熟化程度不同，在个别地区的集体农庄和国营农場內可以遇到一些含鈷量不同的地段。随着土壤逐漸熟化和由于播种多年生牧草、施用有机肥料等，土壤內可給态鈷的含量也增加了。因此，要想在农业上有計划地採取一些利用鈷的措施，必須在各地区集体农庄和国营农場的生产条件下，分析土壤內可給态鈷的含量。

5. 在目前农业中，利用鈷的最合理的方法是把鈷盐加到家畜的每日飼料里。在理論上也可以給草地、牧場和大田牧草輪作中的多年生牧草施用必要数量的、专門制造的微量元素肥料(鈷肥)。給植物施用鈷肥时，可以增加植物对鈷的吸收，使飼料中富含这种元素，提高它們的質量。

目前对鈷肥提高飼料作物产量的作用尙缺乏研究。在許多使牲畜感到缺鈷的地区內，植物只能吸收很少的鈷，以至于施用鈷肥也不能提高产量。关于鈷在植物体和土壤微生物区系內的生理作用和制定最合理的施用微量鈷肥的方法仍需进一步研究。

參　考　文　獻

1. Пейве Я. В. и Айзупиете И. П. 1949. О содержании кобальта в почвах Латвийской ССР. Изв. АН Латв. ССР, № 5 (22).
2. Малюга Д. П. 1946. К геохимии рассеянных никеля и кобальта в биосфере. Тр. Биогеохимич. лабор. АН СССР, т. VIII.
3. Малюга Д. П. 1946. Колориметрическое определение кобальта в металлах, сплавах и солях. «Журн. аналитической химии», т. I, вып. 3.
4. Троицкая М. И. и Заглодина Т. В. 1947. Колориметрические методы определения кобальта. «Заводская лаборатория», № 2.

[鄧鴻舉譯　陳淑筠校]

在不同土壤內使用錳肥來提高农作物的產量

П. А. 夫拉修克

根据多年来在研究微量錳肥(錳矿渣)的农业生物学意义方面所做的田間、盆栽和实驗室試驗的結果,使我們确定了以下的問題。

植物在自己的发育过程中,使本身对所需要的营养元素(其中包括錳)产生了生物学的要求。

在不同土壤的組成中,錳的含量也不一样。由于土壤的灰化作用和淋溶作用,使有效态錳的数量逐漸增加,但代換态錳和有效态錳的总蓄积量却因土壤的熟化程度、农业条件的特点,主要是土壤內腐殖質的蓄积量而不同。在个别田块上錳素的蓄积量也有差異。因此,我們認为錳肥的使用量不能千篇一律。我們的研究确定,在黑鈣土內施用較多的錳肥最有效;而在灰化土和淋溶土內就必須減少錳肥的使用量。

每公頃追施、穴施和条施 20—100 公斤錳矿渣,或深翻 1.5—3 公担作为基肥,以及在不同土壤和施用方法下,每公頃施用 10 — 30 公斤硫酸錳的純盐类,对提高許多农作物的产量和改善产品品質都有良好的影响。

对于大多数农作物来說,用錳矿渣作錳肥比用純粹的錳盐有效得多。同时在糖用甜菜、玉米、菸草、大蔴、棉花、黍子等作物的叶內发現錳的良好作用与代换錳的含量有直接关系。

根据多年的盆栽試驗和田間試驗,以及在大面积上对錳矿渣肥料所作的生产鑑定,我們建議在閭尼茨、基輔、切尔尼果夫、日托米尔、庫尔、沃龙涅日、哈尔科夫、波尔塔夫、基洛夫格勒、卡曼涅茨-波多

里等州,以及烏克兰共和国西部各州,格魯吉亚和巴什基里亚共和国內,应該广泛地給糖用甜菜、留种甜菜、冬小麦、多年生牧草、蛇莓(*Fragaria elatior*)、草莓、大蔴、菸草和蔬菜作物施用錳肥。

凡是沒有进行錳肥田間試驗的农場,均应在生产条件下初步研究了錳肥的效果后再使用。因此,我們建議在輪作中用不同作物研究深翻施用、条施、穴施和追施錳肥的效果。可以採用被淘汰的矿石和矿渣等錳矿工业的废品作为錳肥,純錳盐則应採用硫酸錳。在我們的試驗中,对大多数作物来說,无論在何种土壤上施用錳矿工业的废品,均比施用純盐类得到更好的效果。

播种前也可以用硫酸錳处理谷类作物、棉花和糖用甜菜的种子。在谷类作物的种子实行春化处理时,每播种 1 公頃的种子需要 40—60 克硫酸錳(溶于水內进行春化处理);播种前处理棉籽时,应該用 0.1% 的硫酸錳或高錳酸鉀溶液进行。此外,还可以用低浓度的(0.01—0.05%)高錳酸鉀或硫酸錳溶液进行根外追肥,于开花前,在不同作物的叶面上噴洒 5—6 次。

植物器官內所含的錳有可溶性、代换性和不溶性等几种形态的化合物,其中最重要的是代換态錳,它对改善营养体系和提高有机肥料与矿質肥料的效果,以及植物的生产力均有重大的生理作用。錳可以使植物更經济地利用养分,形成和运轉糖分,提高呼吸作用及光合作用的強度,加強莖稈的机械組織,增加酶化过程的活跃性,从而提高产量和农产品的品質。显然,錳对植物营养的重要生理意义也就在这里。同时,錳还可以活跃植物內的氧化还原过程,促进氨态氮的氧化和硝酸氮的还原,从而加強新陈代謝作用,使其在完成植物有机体的生理过程时,成为极重要的化学元素。

所有这些基本原理都是从已經发表的一部分資料和我們重新得到的資料中(夫拉修克,1950)引証出来的。在这篇报导里,打算再补充一些我們和其他科学研究机关的工作者共同得到的一些新資料。

在盆栽試驗、田間試驗和生产試驗中，对农作物施用錳肥的效用表現在下列几方面：对糖用甜菜，可以加強呼吸过程，积累和运轉糖分，提高轉化酶的合成活动等等。結果，使每公頃糖用甜菜块根的产量平均增加 18—34 公担，含糖量增加了 0.35—1.52%。

还有一点很重要，就是在施用錳肥的当年即能显著提高含糖量（在苏联的几个主要甜菜区的全部种植糖用甜菜的面积上，每使含糖量增加 0.1%，即能在一年中使純糖量增产 200,000 普特）。

給冬小麦施用錳肥，能使籽粒产量每公頃平均增加 3.2—4.7 公担，同时也可以使籽粒含有丰富的蛋白質和粗蛋白，加強莖稈的机械組織，減輕植株倒伏。但在灰化土上，施用了錳肥后，再于谷类作物拔节时追施氮肥，則会降低冬小麦籽粒的产量（維里尼亚契选种試驗站，1940）。这是由于在灰化黑鈣土內，大部分錳都是有效态的緣故，例如，每 100 克耕作层的土壤內即含有 27 毫克有效态錳。因此，使維里尼亚契試驗站冬小麦籽粒的产量每公頃降低了 4.6 公担，对照产量每公頃为 33.9 公担。將錳肥与大量矿質肥料混合施用时，也发現錳对冬小麦有不良作用，此时在土壤溶液內有許多錳离子（伊万諾夫和里果夫选种試驗站，1939—1940）。由此可見，錳肥並非万能的肥料，必須严格地根据植物的需要和土壤特性來施用。在烏曼农业大学的实习农場內，每 100 克土壤里有效态錳的含量不超过 11—13 毫克，因此，施用錳肥可以使每公頃籽粒产量增加 7—10 公担，而在有机肥料与矿質肥料一起施用的对照內，每公頃籽粒的产量为 38—43 公担。

对留种甜菜來說，施用錳肥能够使每公頃种子产量增加 1.19 公担。同时在栽植时还可以提高块根內轉化酶的水解活动力，增大种子，增加、重量和发芽势。在干旱地区有旱风的情况下，錳对甜菜的种子产量沒有什么好的影响，因为在这些地区，錳在生长初期可以加強留种植株莖叶的发育，而莖叶茂盛的留种植株在土壤內沒有足够水分的干旱地区，会由于旱风的影响而迅速地干枯，結果使产量比沒

有施用錳肥、发育中常的植株显著降低。因此，錳肥的不良作用在干旱年分或較为干燥的地区非常明显。由此可見，必須把錳矿工业的废品主要利用在森林草原和有灌溉条件的地区，由于这里土壤水分充足，有效态錳也不多，而且在輪作中普遍种植混播牧草的影响下，也会使土壤水分状况和土壤結构得到显著改善。

施錳肥后，玉米籽实的产量可增加 40—79%，黍子增产 44.1%，菸叶增产 15%，大蔴种子的产量增加 24%。同时，玉米籽实的品質也由于碳水化物的总量增加 20% 和蛋白質含量的显著降低而得到改善；黍子籽粒的品質則因蛋白質含量增加 2% 而被提高。另外，还可以减少菸叶尼古丁的数量，增加大蔴种子的含油量和莖稈纖維素的数量。对上述所有作物，錳均能加強叶片轉化酶的合成活动，改善植物营养的生理状况。

施用錳肥能使蛇莓和草莓的产量提高 12—29 公担/公頃，含糖量也增加了 1.58—2.2%，維生素 C 的含量增加了 14%。

錳肥也可以使馬鈴薯每公頃增产 60 公担，黃瓜增产 40.5 公担，番茄 36 公担，甘藍 50 公担，紫茄 5.4 公担。

在脫鹼土、灰化土和砂壤土上混播車軸草和貓尾草时，如果在第一年施用錳肥，則能加強禾本科牧草的生长，加大豆科植物根上的根瘤和增加根瘤数，提高根重和土壤耕作层中的含氮量。但在灰化土上单播車軸草或在輕度淋溶黑土上单播苜蓿时，施用錳肥則会降低牧草的产量，这是由于限制了根瘤菌在豆科植物根部上的寄生活动所致。結果土壤中氮素的蓄积量在第一次收草后並未增加。

鑑定多年生牧草的干草时，发現由于施用硫酸錳使单播的車軸草的热量增加了很多（每克叶片干物質达 300 卡）；同貓尾草混播的車軸草在施用錳矿渣时，每克叶片干物質的热量增加了 150 卡。

我們用某些动物所作的試驗也証实了文献中談到的原理：即用施过錳肥的飼料干草喂养牲畜时，可以使泌乳期延长 2—3 个星期，增加每次的挤乳量。在灌溉地区和施用錳肥很有效的地区，可以利

用錳肥的这种特性来增加飼料数量和改进其品質。

配合春化处理，用硫酸錳处理种子能使冬性和春性谷类作物增产15%，也能使不同品种的糖用甜菜增产10—28%。三年的田間試驗和实驗室內的研究以及生产試驗都証明，播种前用0.063—0.25%的硫酸錳溶液处理种子是非常有效的。因此，我們建議在春化处理时，可以在湿潤种子的水內加入硫酸錳，每1.5公担谷类作物种子加40—60克；糖用甜菜則为播种1公頃的种子加40—60克。採用这种方法可以使春性谷类作物每公頃增产籽粒1.5—2公担，使糖用甜菜每公頃增产块根18—32公担，含糖量也因用硫酸錳处理种子而提高0.5—0.7%，每公頃的出糖量增加4.5—6.8公担。

应該特別指出，播种前用0.1%的硫酸錳或高錳酸鉀溶液处理棉籽可以大大加速棉鈴的成熟和开裂，使霜前花的产量提高53%(1949年的盆栽試驗)。我們認为这个試驗有很大意义，因为在烏克兰的南部地区，为了改善土壤結构而大量增加玉米、黍子等抗旱作物的种植面积，但棉花在草田輪作中也很重要，因此，当建立水电站和修筑南烏克兰与北克雷姆运河的計划实現以后，烏克兰的植棉面积会显著增加。

苏联早就不再从国外輸入棉花。戰前的最后几年，烏克兰的棉花产量已大大超过了印度和其他著名产棉国的产量。当前所需要的是研究出一些加速棉花成熟的方法，我們的試驗是用播种前以錳的化合物溶液处理种子的方法。因此，在1949年5月28日到11月10日，同И. М. 波尔恩什切因一起进行了盆栽試驗，对播种前用低浓度的硫酸錳和高錳酸鉀溶液处理种子加以研究。以敖德薩李森科遺传选种研究所育成的棉花品种作为研究对象，每一盆內装入14公斤輕度灰化土，使其平均湿度經常为最大持水量的40%，每盆种两株。試驗处理及結果如表1所示。

自表1資料可見，播种前用不同浓度的錳化物浸种24小时，可以显著改变生长速度和植株的重量与生产力。同时，錳是种子醣化

过程中強烈的接触剂和活化剂，因此它能促使籽棉重量显著增加，从而提高产量。播种前用0.1％的高錳酸鉀和硫酸錳溶液处理种子最有效，在5次重复中，用高錳酸鉀处理的，每盆(2株)籽棉产量平均

表1　播种前用錳盐溶液处理棉籽对植株生长和成熟的影响

試驗处理	出苗数(个)	株高(厘米)	地上部重量(克)	棉鈴				籽棉收量	
				个数	%	重量		克	%
						克	%		
对照 …………	6	65	56	4	100	8	100	1.8	100
浸种:									
水 …………	13	65	84	5	113	10	127	1.9	105
0.05％$KMnO_4$溶液	25	74	100	5	123	11	140	2.1	114
0.1％$KMnO_4$溶液	23	71	102	6	127	22	281	4.0	221
0.1％硫酸錳溶液	20	72	90	5	114	23	283	4.5	253
0.3％硫酸錳溶液	21	73	92	6	132	14	175	2.4	133

增加了221％，用硫酸錳处理的，平均增加253.2％。棉籽发芽率也有显著提高：如对照內播种的干种子有6粒出苗，用高錳酸鉀溶液浸种的处理有23—25粒出苗，用硫酸錳溶液浸种的处理有20—21粒出苗，用清水浸种的有13粒出苗。

上述資料表明，凡种子經錳化物溶液处理的棉株，結实器官的总数均显著增加，开花时，这些植株叶片內氧化酶的活动性也有明显的变化，如过氧化物酶的活动性減弱，而过氧化氫酶的活动性沒有变化，仍与对照相同。

另外，我們又用不同类型的矿質氮肥和錳肥进行了試驗，研究它們对棉花的生长和成熟的影响。1949年11月10日收获时的計算結果如表3所示。

表內資料說明，由于施用氨态氮和硝酸态氮(比例为75:25)，以及施用氨态氮后再施錳素微量肥料的影响，使开花时氧化酶的活动性显著降低；株高则由于氨态氮的影响而有所增加；而錳素微量肥料

表 2 播种前用錳化合物溶液处理棉籽对結实器官的形成和叶內酶化过程的影响

試驗处理	每盆結实器官的数目		酶的活动性(1克叶內0.1当量 $KMnO_4$ 的毫升数)	
	个数	%	过氧化氫酶	过氧化物酶
对照	16	100	270	86
浸种:				
水	15	99	274	56
0.05% $KMnO_4$ 溶液	19	119	275	51
0.1% $KMnO_4$ 溶液	20	129	271	63
0.1% 硫酸錳溶液	18	115	269	72
0.3% 硫酸錳溶液	18	117	273	56

表 3 氮肥及錳肥对結实器官的形成与籽棉收穫量的影响

試驗处理	酶的活动性(1克叶內0.1当量 $KMnO_4$ 的毫升数)		株高(厘米)	植株重量(克)	数目		重量(克)	
	过氧化氫酶	过氧化物酶			結实器官	棉鈴	棉鈴	籽棉
对照(未施肥)	130	81	51	33	7	3	11	3
NPK(硝酸态氮)	125	96	64	80	12	5	25	6
同上+錳肥	70	162	72	60	8	4	28	9
NPK(氨态氮)	119	130	78	82	9	5	42	10
同上+錳肥	62	96	78	79	12	6	48	11
NPK(50%硝酸态氮,50%氨态氮)	122	130	75	78	10	6	39	9
同上+錳肥	127	106	69	68	14	9	48	12
錳肥	120	106	53	34	8	3	16	4
NPK(75%氨态氮,25%硝酸态氮)	73	86	68	146	14	14	75	18

无論配合其他两种肥料施用或单独施用，均使棉鈴和籽棉的重量显著增加。

如果在完全肥料中配合 75% 的氨态氮和 25% 的硝酸态氮，则籽棉的重量最高。由此可見，将还原态氮与氧化态氮配合使用，然后再施锰肥可以显著提高棉花的产量。这是由于植物体內氧化、还原两过程的对立作用所經常引起的同化、異化过程而造成的。如果在外界环境中使这两个对立过程建立起平衡的关系，则植物的生物学要求就会更好地得到滿足，从而大大提高植物的产量。

除了棉鈴的数量、植株和籽棉的重量增加以外，植物体內的酶化过程也发生了变化，这表明氨态氮和氧化态氮之間的比例以及錳对提高产量、加速霜前花的成熟均有重大意义。因此，在生产中拟定棉花的施肥制时，应該特别注意这一点。

除盆栽試驗之外，我們又在烏克兰共和国和伊兹馬依里州的不同条件下，与 C. M. 别尔恩什切因共同进行了田間試驗。試驗結果証明，凡經高錳酸鉀溶液处理的棉籽，均比对照早出苗 1—2 天，而且棉苗的整齐度和密度也良好。种子經錳盐处理的棉株，裂鈴数也最多，棉鈴开裂得早而迅速。有些地区因用錳液浸种而使霜前花产量提高 25—30%（表 4）。

从表內資料可以明显地看出，播种前处理种子是大量增加霜前花产量和总产量，特别是裂鈴籽棉产量的方法。同时，在赫尔松品种試驗区內，播种前用硫酸錳溶液处理种子对籽棉产量有很明显的良好作用。在斯卡多夫品种試驗区內，用高錳酸鉀（浓度为 1 克/升）处理种子也得到很好的結果。在伊兹馬依里州，用高錳酸鉀处理种子（浓度为 1 克/升），使籽棉总产量提高了 23%。在卡霍夫区，用高錳酸鉀溶液处理种子后，霜前花和总产量都提高了。E. K. 克魯格洛娃（1939）在全苏棉作科学研究所內的試驗也确定錳对棉花产量有良好的影响，特别是在湿草原沼泽土上更加明显。H. Ф. 烏哈諾夫在全苏棉作科学研究所卡查赫区域試驗站內（奇姆肯特）的研究証

表 4　播种前处理种子对棉花产量的影响（6 次重複平均）

品种区	計算項目 (%)	对照	处理棉籽				
			水	0.5克/升 $KMnO_4$	1 克/升 $KMnO_4$	1 克/升 $MnSO_4$	3 克/升 $MnSO_4$
赫尔松	霜前花……………	12	13	14	14	15	18
	开裂棉鈴的产量…	100	103	119	119	125	162
	总产量…………	100	103	105	106	107	112
斯卡多夫	裂鈴数…………	47	45	46	47	51	59
	霜前花产量………	100	98	84	108	101	—
	总产量…………	100	98	85	107	—	101
伊兹馬依里 OД-1 品种	总产量…………	100	102	79	102	66	57
		100	70	111	123	87	87
卡霍夫 OД-1 品种	霜前花产量………	100	97	111	107	105	101
	总产量…………	100	99	102	109	105	101

明，施用錳肥有良好的影响，而播种前处理棉籽作用更好。根据 B. П. 庫茲湼佐夫的資料(1948)，用錳盐溶液浸种可以使棉花总产量提高 17.4%，其中第一次收花量增加 12.7%。在烏茲別克共和国，用錳盐溶液浸种是加速棉株发育（出苗、开花和成熟）的有效措施。

正如我們的研究所証明，在上述各种情况下，錳的主要机能在于合成叶綠素和显著加強光合作用的活动。应該指出，无論將錳施在土壤里或用于播种前处理种子，均能加強土壤和部分土壤毛細管的气体交换。錳在植物体內可以活化光合作用和代謝过程，提高蛋白質，特别是碳水化物（包括纖維素）的合成活动，这是鑑定錳的生理作用极重要的标誌。

A. П. 維諾格拉多夫指出（参看本文集），每种类型的土壤和每一个成土过程均含有一定数量的微量元素，因此，在研究植物对这些化学元素的需要时必須注意这一点。对土壤內微量元素的类型及其

在植物体与供給植物养分的土壤中的分佈規律所作的研究，为解决动、植物体的发育和生产力等重要理論問題打开了道路。

关于錳肥在不同土壤和对各种作物的效果也进行了研究。1949年,我們和 Л. Д. 凌傑恩斯卡婭共同研究了錳肥对粟的作用。这种作物在烏克兰共和国有很大面积，它供給产品畜牧业的干草或用来碾米。盆栽試驗內所用的灰化土和砂壤土均取自基輔的近郊。在未施肥的处理中， 每 100 株干草用的粟重 88 克， 施厩肥者重 185 克，施厩肥和錳肥的重 200 克，单施錳矿渣的，每 100 株平均重 103 克。碾米用的粟在对照內的种子重量是 4.91 克，施錳矿渣的重 6.27 克。

在基輔-斯維亚托兴区茹良村的生草灰化土上，对照內每 100 株干草用的粟重 117 克；施厩肥的重量 123 克；施厩肥和錳肥的为 324 克。在碾米粟的試驗內，对照的种子重量为 6.3 克，施厩肥的为 5.15 克，施厩肥及錳肥的則为 6.35 克。

由此可見，在有效态錳較多的生草灰化土內，錳仅能使做干草用的粟提高产量，而不能提高种子的产量。 在“紅色游击队員”集体农庄內（基輔-斯維亚托兴区克留柯夫兴村），由于給玉米追施錳肥而使其籽实产量每公頃增加 5.9 公担。 如果每公頃施用 0.5 公担錳矿渣，即能增产 5.9 公担， 則說明大規模使用錳肥是完全可以的。

在烏克兰共和国科学院植物生理和农业技术研究所試驗場的草田輪作中，由于最近 4 年內利用錳肥来改进各种施肥制，使每公頃糖用甜菜块根的产量平均增加 32 公担，含糖量也增加了 0.5 %；冬小麦籽粒的产量每公頃增加 4.7 公担；混播牧草的干草产量每公頃增加 12.9 公担。結果使整个輪作的产量大大提高了。

在 B. M. 雷巴克 1949 年的試驗中，車軸草与牛尾草收割 3 次的干草产量如下：未施肥者每公頃为 51.7 公担；条施 10 公斤氮、20 公斤磷、20 公斤鉀，並于复蓋作物收获后施用 45 公斤磷、鉀的，每公

頃的干草产量为 77.5 公担；但施用上述肥料后，又追施 1 公担錳矿渣者，每公頃干草产量达 89.3 公担。此外，錳也可以显著增加碳水化物及双醣的总含量，提高車軸草的抗寒力。

在 Л. Б. 吉利斯的試驗內，每公頃施用 60 公斤氮和 120 公斤磷、鉀时，冬小麦的籽粒产量为 39.9 公担/公頃。但施用上述肥料后，每公頃又施 3 公担錳矿渣时，则冬小麦籽粒的产量为 44.9 公担/公頃，也就是每公頃增加了 5 公担。莖稈內纖維素的含量前者为 49.2%，后者为 55%。在施过錳肥的冬小麦"烏克兰因卡"品种的莖稈內，机械組織的发育比对照強壯得多；机械組織环的厚度和机械組織細胞壁的厚度，以及其他各項指标也因錳的影响而大大提高了。如果在施用完全矿質肥料后再施錳肥，还可以进一步加強机械組織的发育；使莖稈的横断面加粗；增強其坚固性及抗倒伏力；从而大大提高了籽粒的产量。

錳除了能增強谷类作物的抗倒伏力以外，还可以減少种子对"粒黑尖病"(Alternaria)的感染。在 В. 馬尔哈謝娃的著作中也曾提到这一点，根据她的資料，春小麦阿尔納烏特卡-浬美尔強品种的种子在 1949 年对"粒黑尖病"的感染情况如下：未施錳而施厩肥和矿質肥料者为 22.9%，施錳矿渣者为 15.4%；留切斯前斯 062 品种分别为 3.1%（未施錳）和 0.7%（施錳）。在基洛夫格勒州卡門区"十月"集体农庄內，1950 年阿尔納烏特卡-浬美尔強小麦种子感染"粒黑尖病"的情况：未施肥者为 8%，施厩肥和完全矿質肥料的为 6%，施厩肥和完全矿質肥料后又施錳肥的只有 4.1%。由此可見，錳肥不仅对提高产量有重大作用，而且对增強农作物的抗倒伏力和抗病力也同样如此。这一点在我們的蛇莓試驗內也完全得到証实，例如，在錳肥的影响下，蛇莓完全不感染灰斑病，这种病害常給果园帶来很大損失。

正如我們的研究所証明，条施錳肥可以显著提高有机肥料与矿質肥料的效果，試驗內每公頃条施矿質肥料的数量如下：磷酸（过磷

酸盐) 22.5 公斤、氮(硝酸銨) 15 公斤、氧化鉀(氯化鉀) 12 公斤，並分别条施当地肥料：每公頃施禽粪 3 公担、爐灰 2 公担、干腐殖質 3 公担、粪汁 1 吨。以錳矿渣作錳肥，每公頃施 1 公担。条施錳矿渣后，糖用甜菜块根的产量每公頃增加 26 公担，含糖量提高 0.2%。将草木灰与錳渣一起施用时，則块根产量每公頃增加52公担，含糖量提高 1.2%。施禽粪者，块根产量每公頃增加 23.5 公担，含糖量降低 0.6%。禽粪和錳肥一起施用的，每公頃增产块根 45 公担，含糖量提高 1.8%。

条施发酵的腐殖質时，每公頃糖用甜菜的产量虽然增加了 35 公担，但块根的含糖量却降低 0.3%。腐殖質和錳肥一起施用时，每公頃增产 52.3公担，含糖量提高 0.8%。

施粪汁可使每公頃增产52.3公担，含糖量提高0.6%，将粪汁与錳矿渣一起施在行内时，則使每公頃增产 53 公担，含糖量提高 1.6%。在矿質肥料方面也是同样情况：条施完全矿質肥料时，每公頃增产 35.5 公担，含糖量提高 1.2%；矿質肥料与錳矿渣一起施用时，則每公頃糖用甜菜的产量增加 61.8 公担，含糖量提高 1.4%。

由此可見，在灰化土內条施錳肥可以大大提高本地肥料与化学肥料的效果，因而使产量显著增加，尤其是使糖用甜菜的含糖量提高了很多。錳素的这种优良特性还表現在植物利用了它以后，在构成高額产量时，能使其对氮、磷、鉀的消耗減少 15—20%。

錳矿废品是黑色細粒状的粉末，很容易用播种机撒到田間，沒有潮解性，适于运送，含 14—33% 氧化錳。农場可以採用含氧化錳 14—22% 的矿渣。

在我們的試驗內，曾对使用純化学盐类錳肥和錳矿工业废渣进行了研究，結果确定，錳矿渣是逐漸将錳解放出来，因而比純盐类更有效。在这方面，含有石油杂質的矿渣更有价値，因为复杂的石油分子能够把土壤中为植物营养所必須的結合水(化合水)解放出来。科学研究的任务是闡明土壤內所蓄积的錳是否能为植物利用的有效

态,以及不同类型的錳在土壤和植物体內被固定的程度,这样就可以在苏联不同区域和不同地帶內确定錳肥的施用量、施用方法和施用期。应該在草田輪作中进行这些研究,並採用最精确的植物生理学、物理化学和微生物学等研究方法。

施用錳肥是提高植物产量和有机、矿質肥料的效果,即改善植物营养体系的极重要的方法之一。为了順利地解決这个問題,首先必須研究土壤內的有效态錳,並确定不同植物对錳的生物学要求。我們曾和 Л. Д. 凌傑恩斯卡婭共同进行了专門的研究,結果証明,在苏联的不同自然經济区內,成土过程的起源決定了某些土壤变种和土壤发生层內有效态錳的蓄积量。我們确定,即使同一成土期和同一发育阶段內的土壤,如果地帶母質的机械成分不同,其有效态錳和代換态錳的含量也不一样,这要看植被的特性和土壤的熟化程度如何(夫拉修克,凌傑恩斯卡婭; 1950)。

在伊茲馬依里、尼柯拉耶夫、基洛沃格勒和斯大林等省的南方黑鈣土內,蓄积有大量的有效态錳,达 0.0548—0.0970%,而波尔塔夫省的佐洛通什区及文尼茨省的科帕依格勒区的森林草原黑鈣土內,有效态錳的含量就不很多,只有 0.0247—0.0248%。这說明应該首先在森林草原区的土壤內施用錳肥。

淋溶土和灰化土等土壤变种,特别是烏克兰的森林草原和靠近森林的地区內,蓄积有大量的錳[1];生草灰化土和卡尔帕特棕壤內也含有相当多的有效态錳;而輕砂壤母質的棕壤、灰化土和淋溶土內,有效态錳的含量就比較少。在灰化土內,只有森林地帶含有足够的錳。在所有土壤变种的果林內,尤其是灰化土和灰化黑鈣土上的果林內,錳的蓄积量不多。因此,在这几种土壤內施用錳肥經常是很有效的。切尔尼果夫省北部的輕灰化土比森林草原灰化黑鈣土更富含錳。

1) 以下凡提到錳者均指有效态。

南方的脱鹼土和盐化鹼土含錳最少，而机械成分較黏重的弱鹼化土及暗栗鈣土則与南方黑鈣土一样，均含有較多的錳。在波尔塔夫省德涅泊尔的鹼地土壤內，以結皮鹼土含錳較少，因为在这些土壤內，給糖用甜菜、禾谷类作物及多年生牧草施用錳肥都很有效，盐化鹼土也缺乏有效态錳。但苏姆省普謝尔河泛地土壤中的湿草原盐漬土和波尔塔夫省奥波隆区的結皮鹼土例外。

灰色森林土、基洛沃格勒省切尔諾森林和苏姆省特洛斯奇亚涅茨林管区的灰化土含錳很多，而且是分佈在整个土壤发生层內，深达220厘米。

基輔省北部、果洛謝也夫林管区的灰化土和扎波洛日省、德涅泊罗彼德罗夫斯克省森林中的湿草原沼泽土含錳較少。我們发現扎卡尔帕特省山毛櫸林附近的土壤含錳較多，这显然是好气性眞菌分解枯枝落叶层的結果。

我們发現，在栽培果树浆果作物时，只有德涅泊罗彼德罗夫斯克省南部的黑鈣土能供給足量的錳。灰色森林土、灰化土、湿草原沼泽土，特别是烏克兰共和国森林草原地帶的基輔和文尼茨等省的各种灰化土上的果园都感到錳素不足。因此，在这些地区給果树浆果施用錳肥非常有效。

在基輔省的輕灰化土上，給輪作中的糖用甜菜、冬小麦、春小麦等作物施用錳肥也相当有效，而且在施用錳肥之后，土壤內並不会积累很多錳。在这种情况下，如果知道灰化土內沒有很多錳，那么，显然应該以施用錳肥来改进草田輪作中的施肥制。

在苏姆試驗站的常設試驗內，曾就輪作中长期施肥对土壤中錳的数量及其对植物有效性的影响进行了研究。土壤和植物体內含錳量的测定方法与我們在試驗中所採用的方法相同。試驗結果确定，长期施肥可以改变土壤內錳的数量及其对农作物的有效性。因为在这种情况下，肥料的养分比例已发生变化，从而大大提高了植物营养器官和小麦籽粒內的含錳量；这就影响到植物生化过程的強度和方

向以及牲畜飼料的营养价值。根据我們的資料，用含錳量較高的麦粒作种子有良好的作用，因为这样不仅可以提高种子的品質和作物的产量，而且这些品質也可以保持好几代。

在輪作中充分供給糖用甜菜氮素养分，可以使叶片內的含錳量显著增加；单独施用过磷酸盐也能提高甜菜叶的含錳量；但施用鉀肥和氮肥后再施过磷酸盐，則会降低甜菜叶的含錳量。

施用完全肥料和矿質磷、鉀肥时，甜菜叶的含錳量要比施用氮、磷肥和氮、鉀肥时少一些，这說明錳对植物的有效性降低了。因此，最好将錳肥与磷、鉀肥和完全矿質肥料配合使用，或結合廐肥施用。增施氮、磷肥对小麦吸收錳有很大影响，如果在施用过磷酸盐或氮、磷肥的基础上再施鉀肥，則会減少植物对錳的吸收。

我們的研究确定，不同土壤內（哈尔科夫省的輕度淋溶黑鈣土除外）有效态錳的数量与代換态錳有直接的依賴关系；代換态錳的含量較多时，有效态錳的数量就会減少。

根据烏克兰共和国不同土壤含錳量的資料，可以充分而有目的地利用錳肥来改进草田輪作中的施肥制。同时，借多年生豆科与禾本科混播牧草、正确的耕作和提高栽培水平，积极地調节水分状况。这样也能經常在草田輪作中更有效地利用有机和矿質肥料。

根据以上所述，我們建議按表 5 的数量施用錳肥。

表 5 在不同土壤內对不同作物施用錳矿渣的数量（公担/公頃）

施肥方法	土壤			
	黑鈣土	脫鹼土	灰化土	輕盐土
休閑地或秋翻	3.0	2.5	2.0	2.5
穴施或条施	0.5	0.3	0.3	0.3
谷类作物和果树浆果的追肥	2.0	1.5	1.0	1.0
技術作物的追肥	0.5	0.3	0.3	0.5

最好将錳肥配合有机肥料和矿質肥料施用，而施用有机、矿質肥料与錳肥合制的粒肥則更有效。1950年，在"紅色游击队員"集体农庄內（基輔-斯維亚托兴区的克留柯夫兴村），曾用爱拉品种馬鈴薯进行了粒肥試驗。栽馬鈴薯时，每公頃穴施10公斤氮、20公斤磷、10公斤鉀和0.5公担錳矿渣。馬鈴薯的产量如下：未施肥者每公頃为135公担，施完全矿質肥料的为145公担；完全肥料中的磷肥为粒肥者，每公頃产量为152公担：加施錳肥者为160公担；将磷、鉀肥与錳肥制成有机矿質粒肥，並与矿質氮、鉀肥一起施用者，产量最高（每公頃达191.5公担）。由此可見，将錳加在有机、矿質粒肥內，可以显著提高馬鈴薯的产量。这种方法在其他作物上也可以参考採用。

錳素亦可在养蚕业上广泛应用。大家都知道，錳对生物体內酶的形成及加强植物体內氧的作用均有良好的影响。在研究酒精发酵和許多酶的活动性时也得到类似資料。另外，錳对加强植物更有效地利用光能也有很大的影响。

我們在烏曼农业大学所作的試驗內，研究了錳对提高家蚕生产力的影响。因此，我們用0.02%硫酸錳溶液（10毫升）处理新鮮的桑叶，处理数量为家蚕一个早晨的喂叶量。蚕卵孵化后，即选出大小一致的幼蚕，用經过处理的桑叶喂养。自7月20日至8月22日，由于錳素的影响，使蚕茧的重量增加了9.8%；茧的化蛹数也由36.7%提高到55.2%；蚕茧的平均重量由1.38克增至1.51克。由此可見，錳可以提高家蚕的生活力和生产力。同时我們也可看出，錳对动物体和植物体的影响是类似的。既然試驗中已經确定錳可以縮短家蚕的飼养期，提高其化蛹数及生产力，那么，在生产中就应該注意採用这种方法。

在柞蚕飼养上曾用0.01%高錳酸鉀溶液噴洒柞树的方法来防止蚕脓病，每日噴洒次数如下：天气干燥时每昼夜一次，炎热时噴洒2次。結果使蚕脓病降至1.5%，对照为13.8%。用錳素防止柞蚕脓病沒有任何困难，也不需很大花費。

結　　論

1. 錳是改善动、植物营养体系最重要的元素。

2. 錳可以提高植物的生产力，改进产品品質。其作用是多方面的，而且无論将其施在土中作为肥料或用于播种前处理各种作物的种子都很有效。

3. 錳是土壤微生物过程及植物体內合成酶活动中的活化剂。它能增強植物对不良外界条件的抵抗力，提高植物的抗病力和抗倒伏力（谷类作物）；同时也是防止柞蚕脓病的好方法；对縮短家蚕飼养期，提高茧的化蛹数及生产力也有极好的影响。

4. 每公頃追施、穴施和条施 20—100 公担錳矿渣，或深翻 1.5—3 公担作基肥，以及播种前用純硫酸錳及高錳酸鉀处理种子，均能提高許多农作物的产量，改进产品品質。

5. 应該在一切缺乏有效态錳的土壤內施用錳肥，以滿足植物在发育过程中对錳所产生的生物学要求。

6. 錳肥的施用量应視土壤的发育特性和有效态錳的含量而定，灰化土只需施用少量錳肥即可得到很好的效果；輕度淋溶土則需施用較多的錳肥；而淋溶土和脫鹼土施用适中的錳肥即可。必須繼續研究土壤內有效态錳的蓄积量，以及錳在土壤和植物体內的动态及固定情况，以便在我国不同地帶和不同土壤上，更灵活地确定錳肥的施用量、施用时期和施用方法。

7. 播种前用錳化物溶液处理种子可以促进成熟，提高籽棉的总产量。因此，我們建議在生产中应广泛試用这种肥料。

8. 錳对植物营养的意义还在于它能使植物更經济地利用养分，形成和运轉糖分，提高呼吸作用及光合作用的強度，加強谷类作物莖稈的机械組織，增強合成酶的活动性，从而提高农产品的产量和品質。

9. 錳是植物体內氧化还原过程的活化剂，因此，它可以促进氨

态氮的氧化和硝酸盐氮的还原，加強新陈代謝，从而成为植物生活中的生理过程及土壤微生物区系活动的必要元素。

参　考　文　獻

Власюк П. А. 1947. Применение марганца для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Юбил. сб. АН УССР, посвященный 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции.

Власюк П. А. 1948. Марганец в системе питания растений (на укр. языке). Изд. АН УССР.

Власюк П. А. 1950. Агрофизиологические основы питания сахарной свеклы. Изд. АН УССР.

Власюк П. А., Ленденская Л. Д. 1950. Содержание подвижных форм микроэлемента марганца в почвенных разновидностях Украинской ССР. «Почвоведение», № 6.

Круглова Е. К. 1939. Значение микроудобрений в повышении урожайности хлопчатника. Сб. научных статей комсомольцев. СоюзНИХИ—Ташкент.

Кузнецов В. П. 1948. Изв. АН Узб. ССР, № 3, Ташкент.

Уханов Н. Ф. 1940. Тр. Казахской зональной станции.

[鄧鴻舉譯　陳淑筠校]

在沙壤土上錳、鋁和鉄对馬鈴薯的影响

H. C. 阿尔漢凱里斯卡婭

錳、氧化鋁和氧化鉄在自然界中常常是“共存”的。这些元素的密切关系和它們彼此之間的相互作用,已为許多学者所发現(維諾格拉多夫,1932;烏斯边斯基,1915)。

錳和鉄是強烈的氧化剂。研究者認为,这些元素在植物机体內的主要机能是参与氧化还原作用。在施用石灰的鹼性土中,时常发現因缺錳而使植物得病。給这种土壤施用錳肥則能治愈植病,从而提高它們的产量(夫拉修克,1941、1944)。但有些研究者指出,土壤中有大量錳时会使植物得病,此时叶綠素被破坏,植物組織变褐或发黑。在 Л. B. 罗札林的著作中报道說(1941),植物組織发黑是在鉄素过多致使馬鈴薯患褐斑病的情况下发生的。有許多著者(烏略科夫,1934;戈魯別夫,1940;等学者的著作)提到鋁对农作物的毒害作用。索科洛夫(1939)和切尔諾夫(1947)确定,土壤的交换酸度和土壤中的鋁量是相等的。因此在酸性土中,鋁是这种土壤的直接酸化剂,所以它对植物是有毒的。

我們对馬鈴薯褐斑病或黑斑病的致病原因所作的研究(1936—1938)証明,在酸性較高的土壤上栽培的馬鈴薯,其灰分与患黑斑病的植株相似,卽在阳离子比例上的特徵为盐基(鈣和鎂)的含量較低、錳和半氧化物的含量較高(表 1)。

在同一年內,我們又进行了給馬鈴薯施用微量元素肥料的盆栽試驗,卽栽植块莖时每盆施微量元素肥料 1—3 克(表 2)。

在施用硫酸鋁、硫酸鉄、硫酸錳和氯化鋁、氯化鉄、氯化錳的情况下,发現馬鈴薯罹病,产量降低。如以石灰为底肥,再施用上述元素时,則未引起病害;此时,馬鈴薯的产量也有所提高。

表 1 健康馬鈴薯和患病馬鈴薯的灰分組成

馬鈴薯品种和品質	灰分含量(占干茎叶的百分数)	灰分內各种元素的含量，%				
		Mn	Al	Fe	Ca	Mg
洛尔赫，健康的*……	6.8	0.259	0.454	0.125	1.97	1.01
洛尔赫，患病的*……	7.1	0.424	0.858	0.225	1.73	0.51
西涅施亞，健康的*…	6.6	0.505	0.799	0.269	1.70	0.63
西涅施亞，患病的*…	7.4	0.728	1.720	0.458	1.78	0.41
斯維傑玆，健康的*…	7.9	0.416	0.612	0.123	0.57	0.55
斯維傑玆，患病的*…	11.3	1.086	2.965	0.583	1.83	0.43
栽培在施用下列肥料的洛尔赫：						
NPK (底肥)…	——	0.360	0.420	0.196	1.57	0.62
底肥 + H_2O_4 …	——	0.930	0.642	0.240	1.30	0.40
底肥 + $CaCO_3$…	——	0.164	0.338	0.142	3.00	0.64

*块茎均选自大田。

表 2 微量元素肥料对馬鈴薯产量及其患黑斑病等級的影响

試驗处理	产量		黑斑病的等級
	克/盆	为对照的%	
不施肥料……	365	100	—
施用石灰，按 1/2 水解酸度計算……	450	123	—
对照(底肥)……	336	92	II
底肥 +			
石灰……	613	168	—
Al, 3 克……	254	70	III
石灰 + Al……	656	180	—
Fe, 3 克……	278	76	II
石灰 + Fe……	638	175	—
Mn……	272	74	III
石灰 + Mn……	525	144	—

在砂壤土上所作的大田試驗中（1935—1937)，給馬鈴薯施用的錳肥是錳沉渣，每公頃 3—9 公斤，效果並不显著：增产数量不多

(6—8%) 說明,砂壤土中的含錳量是相当多的。

以后在 1946—1948 年所作的大田試驗中,又研究混合在他种微量元素中的錳、鋁和鉄的作用,用两种方法給馬鈴薯植株施用微量元素肥料:即春季播种前在施底肥 NPK 的基础上每个块莖再施用上述元素的硫酸盐 1 克,另外在夏季從孕蕾始給植株噴洒上述元素的千分之一克分子溶液 5—7 次(此外在种馬鈴薯时又施 NPK 作底肥)(阿尔汉凱里斯卡婭,1949)。研究結果确定,在施用鋁和鉄的处理中,患黑斑病的植株最多;而給馬鈴薯植株噴洒硫酸錳时,則罹病較輕,同时馬鈴薯的产量也提高了 10%;在实驗室内分析取自发病区的土壤时,发現酸度很高(pH=3.8 和 3.9),含有大量的有效态鋁(每百克土壤中达 6—7 毫克)。

根据对患黑斑病的馬鈴薯的发病区的土壤之分析,有必要測定一下我們所感兴趣的几种元素在长期施用矿物質肥料、不施有机質(实行作物輪栽)的土壤中有多少是呈有效态的。在这种土壤中,黑斑病发生得很早(6 月);而且病害蔓延得很快,到 8 月底,有时到 8 月中植株即死亡了。

我們用三种肥料进行研究(这些肥料在 12 年中施下):

1) 厩肥——90 吨(整个輪作期内);

2) 矿物質肥料 —— 每公頃施用酸性类型的矿質氮肥和鉀肥各 300 公斤,磷 240 公斤(整个輪作期内);

3) 廐肥矿物質肥料——廐肥 80 吨和矿物質肥料:計氮和磷每公頃 240 公斤,鉀每公頃 180 公斤(整个輪作期内)。

进行上述研究的輪作是在 1935 年开始的,作物輪換次序为:种植烏足豆帶燕麦(青飼料用)的休閒地,冬黑麦,馬鈴薯,烏足豆和粒用燕麦,馬鈴薯,燕麦。土壤为砂壤土。馬鈴薯为洛尔赫品种。

11 年的产量統計数字表明,仅施矿物質肥料的单位面积产量逐年下降,而在降水量小的干旱年份,产量特别低(表 3)。

对取自施肥制不同的地段上的土壤所作的研究証明,在施矿物

表 3 不同施肥制对馬鈴薯产量的影响

施肥制和降水量	每年馬鈴薯的产量(公担/公頃)											11年平均产量	
	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1944	1945	1946	1947	1948	公担/公頃	%
厩肥……………	253	144	158	52	50	167	143	183	178	210	173	155	100
矿物質肥料……	211	139	140	40	43	117	50	87	137	156	43	106	68
厩肥-矿物質肥料	327	165	228	53	53	170	122	200	200	262	216	188	121
全生产期間的降水量(毫米)…	445	264	284	177	195	255	255	390	200	256	277	273	—

質肥料的地段上，pH 值較低时，发現有大量的有效态鋁(表 4)。

表 4 在不同施肥情况下土壤的 pH 值和含鋁量

肥料	有效态鋁数量（每百克土壤中的毫克数）		土壤的 pH（盐的抽出液）	
	6 月	9 月	6 月	9 月
厩肥………………………	1.3	1.0	4.5	4.7
矿物質肥料…………………	7.6	3.4	3.7	3.8
厩肥-矿物質肥料 …………	2.9	1.7	4.2	4.3

1948 年，施矿物質肥料的小区有一半又施用了泥灰石，每公頃 400 公斤。施用泥灰石可以显著改善植株的状况，此时只有少数植株发生黑斑病，但罹病程度也未超过一級；同时土壤中有效态鋁的数量减少，土壤的酸度也降低了；产量則比施用矿物質肥料、不施泥灰石的小区增加 3 倍(表 5)。

在 1934—1936 年施用石灰的盆栽試驗內，植株內不仅是鋁的含量，就連錳和鉄的含量也减少了。同时还应检查一下土壤和植物体內离子-盐的变化情况，在大田試驗內測定上述元素在不同施肥制下的数量。土壤分析表明(表 6)，施用矿物質肥料时，鋁、錳和鉄的数量显著增加，而且錳大都是有效态的。

表 5　土壤中有效态鋁的数量与馬鈴薯产量及黑斑病发病率的关系（前作物为冬黑麦）

肥　料	产　量		每百克土壤中有效态鋁的毫克数	馬鈴薯黑斑病发病率 %
	公担/公頃	%		
厩肥	155	100	0.72	10
矿物質肥料	27	17	3.24	100
矿物質肥料＋泥灰石	113	79	1.19	30
厩肥－矿物質肥料	133	86	1.02	32

表 6　土壤含錳量的分析結果（每百克施用不同肥料的土壤中的毫克数）

肥　料	有效态（水浸物）			經半小时澄清后不沉淀的土壤微粒中的含量		
	Al	Fe	Mn	Al	Fe	Mn
厩肥	0.147	0.135	0.107	0.018	0.480	0.031
矿物質肥料	0.206	0.163	0.551	0.120	0.920	0.098
矿物質肥料＋泥灰石	0.120	0.146	0.528	0.035	0.736	0.041
厩肥-矿物質肥料	0.140	0.140	0.401	0.017	0.638	0.026

施矿質肥料时，錳的数量比施用厩肥的土壤多 4 倍。土壤的細粒分散部分（土壤微粒澄清后經过半小时仍不沉淀的）是大量鋁的携带体，其含鋁量超过施用厩肥的土壤 5—6 倍。

馬鈴薯莖叶的分析結果表明，施用矿物質肥料和厩肥时，馬鈴薯植株內灰分元素的比例近似我們最初盆栽試驗內病株和健株莖叶中的比例（表 7）。

施矿質肥料的处理中，土壤內的錳和三氧化二物的数量大大增加。施用泥灰石可以显著降低鋁量，使盐基量稍有增加。此外，在最后几次分析中，发現（栽培在为大量鋁所酸化的土壤上）馬鈴薯植株在灰分元素的比例上还有一个特点：即这些植株的灰分中 K_2O 和 P_2O_5 等主要营养元素較少。因此，土壤被鋁酸化后，能使灰分成份发生剧烈变化，引起植物飢餓。

表 7 馬鈴薯茎叶化学成分的分析結果

肥料	茎叶中的含量(%)						
	Al	Fe	Mn	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5
厩肥	0.010	0.094	0.067	2.2	0.100	6.0	3.6
矿物質肥料	0.044	0.023	0.275	1.9	0.048	2.2	2.8
矿物質肥料+泥灰石	0.014	0.014	0.273	2.0	0.07	—	4.2
矿物質肥料-厩肥	0.013	0.013	0.168	2.2	0.08	4.6	3.4

因此,我們的研究証明,在緩冲力較弱的輕質土上,每年施用酸性类型的矿物質肥料会引起錳和三氧化二物积聚在植物体內,使某些植物(如馬鈴薯)患病和死亡。关于土壤被鋁酸化的問題,目前在文献中已談得很多了;許多学者确定,土壤的交換酸度因活性鋁的聚集而增加时,会使某些植物停止发育。

土壤被有效态鋁酸化后,可以使土壤內有效态錳和鉄增加。这几种元素都是強氧化剂,能加強植物的氧化过程,以致引起植物組織的个别部分衰亡和整个植株死亡。我們的試驗确定,土壤中有效态鋁和有效态磷酸的数量之間有相互的联系,其他学者的研究也証实了这点。有人指出,鋁对植物的不良影响不是取决于土壤中这种元素的直接增加,而是取决于它的数量同可吸收磷酸的数量之間一定的比例(岡查,1941)。

土壤对磷酸盐的吸收直接决定于土壤中是否存在有机質,因此,在我們的研究內施用廐肥时,馬鈴薯的产量並沒有降低。此外,有机質的积累能夠提高砂壤土的持水量,从而降低盐基(鈣和鎂)在这种土壤中的淋溶性,这些土壤在酸化之前,往往发生淋溶作用。

目前我国各地的集体农庄和国营农場都实行了草田輪作制,因而可以保証土壤中有足夠的有机質,土壤結构也得到改善。但在酸化的灰化土上(主要是砂壤土)牧草(尤其是豆科牧草)不能生长发育。在这种土壤上施行草田輪作前必需施用石灰,最好是用泥灰石

或白云石。这两种石灰肥料能夠減輕土壤酸度，使錳及三氧化二物的有毒部分轉化为不能吸收的状态。此外，泥灰石和白云石还能丰富土壤中的鎂，而酸化土中常常是缺鎂的。

在馬鈴薯輪作中，泥灰石的施用量不宜过多（每公頃 400—1,000 公斤）。过多施用泥灰石能夠使馬鈴薯发生疮痂病。

參 考 文 獻

Архангельская Н. С. 1938. Новые пути в изучении причин заболевания картофеля черной пятнистостью. Докл. АН СССР, т. XIX, № 3.

Архангельская Н. С. 1949. Влияние микроэлементов на картофель. Тр. Ин-та физиологии растений имени Тимирязева. Памяти академика Рихтера, т. VI, вып. 2.

Виноградов А. П. 1932. Геохимия живого вещества, изд. АН СССР.

Власюк П. А. 1941. Нові марганцові добрива. Вид. АН УРСР.

Власюк П. А. 1944. Фізіологічне значення микроелементу марганцю для врожаю і підвищення продуктивності с.-г. рослин. Ювіл. збірн. АН УРСР, I.

Ганжа Б. А. 1941. К вопросу о действии Al-ионов и H-ионов на растение на подзолистой почве. «Почвоведение», № 1.

Голубев Б. А. 1940. Вредное действие алюминия и его поглощение растением. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 1.

Рожалин Л. В. 1941. Причины развития коричневой пятнистости стеблей картофеля. Вестн. овощеводства и картофелеводства, № 1.

Соколов А. В. 1939. Об активном алюминии в почве. Докл. ВАСХНИЛ, 23—24.

Уляков И. П. 1934. Токсическое действие алюминия на рост растений. «Химизация соцземледелия», № 3.

Успенский Е. Е. 1915. Марганец в растении. Журн. «Опытная агрономия». XVI, вып. 4.

Чернов В. А. 1947. О природе почвенной кислотности, изд. АН СССР.

[陳業文譯　鄧鴻舉校]

溴及其对有机体的特殊作用

И. Н. 維尔霍芙斯卡婭

溴的生物地質化学　溴是分散元素地質化学族的典型代表，它的原子比較均匀地分佈在所有的地球物質內。一切溴化物都仅在地壳的表层（生物圈內）形成和存在。

溴在地球上的总量不超过 10^{16} 吨，其中只有 100,000,000 吨，也就是 10^{8} 吨是与生命物質結合在一起，分佈在海洋和陸地的动植物有机体內，以及土壤、泥炭和淤泥等里面。

溴在有机体內的浓度通常变动在重量百分比的 10^{-3} — 10^{-5} 之間，因此，В. И. 維尔納德斯基認为溴是超微量元素。

海藻和海洋动物有机体比淡水生物和地面上的生物更富含溴，这是因为海水的含溴量比淡水多的緣故，如海水內溴的浓度平均为 $6.6 \times 10^{-3}\%$；淡水比海水少999/1000（$6.8 \times 10^{-7} - 8.15 \times 10^{-6}\%$）。

有些动植物从周围环境中吸收溴，並将其累积在体內，而成为溴的专門浓集者（維諾格拉多夫，1944）。然而发生这个过程的比例比碘要小得多。例如，在褐海藻黑角菜屬（*Fucus*）和昆布类（*Laminaria*）的灰分內，溴的浓度超过海水的浓度数十倍。海藻內的溴不是溴化物形态，而是有机化合物，很可能是芳香族碳氧化合物形态。

八射珊瑚（*Alcyonaria*）的含溴量比海水多数百倍。这些珊瑚都是选择卤素来吸收：最多的是碘，其次是溴（二者位置有时互换），最少的是氯；也就是說，珊瑚体內卤素的比例正与海水相反。

軟体动物紫螺屬（*Purpura*）能把溴累积起来，並用它合成 6,6 靛青溴，古代人就从这种物質得到絳紅色顏料。

有些海魚和甲壳类的体內所集聚的溴比海水多好几倍。

分佈在河流及沼泽內的 *Elodea*，金魚藻屬（*Ceratophyllum*）、木

賊屬（*Equisetum*）及其他植物，含溴量比其周围水里的浓度高数百倍。淡水綠藻刚毛藻屬（*Cladophora*）含溴量特别高，竟比周围水里的多8万倍（$5.85 \times 10^{-2}\%$ 比 $6.7 \times 10^{-7}\%$）。謝利瓦諾夫的专門試驗（1939，1944）确定，刚毛藻屬內大部分溴（99.98%）均含在藻类的基質內（压榨液）。溴在这种藻內的浓度所以很高，是由于它以前是海藻，而作为遺骸保留在淡水內。

地面上植物的含溴量也比它生长的土壤的含溴浓度大得多。

溴从水溶液进入到植物体內时，其习性会发生显著的变化。此时，水溶液內可移动的並有反作用力的溴离子在頗大程度上变为不移动的有机化合物，而被牢固地束縛在活的植物組織內。植物死后，其殘骸又形成土壤、淤泥和泥炭等有机質。在这种情况下，溴的浓度可能比周围环境高10倍以至百倍（$n \times 10^{-7}\%$）。謝利瓦諾夫（1939）所得到的平均資料如下：土壤（18个样本）为干物質的 $3-5 \times 10^{-4}\%$；淤泥（9个样本）为絕对干物重的 $9.59 \times 10^{-4}\%$；泥炭（13个样本）为絕对干物重的 $3.10 \times 10^{-3}\%$。

虽然溴的吸附能力比碘弱得多，但植物有机殘骸的吸附能力能促进溴的浓集。克斯塔奇指出，氯和溴、碘不同，它完全不能被植物浓集。

溴原子的一般习性主要是能在地壳內移动，这与氯和碘的原子有很大区别。溴的地質化学与生命物質有很密切的联系，因此，它的地質化学实际上就是生物地質化学。

在植物方面对生物圈中溴的习性的研究不夠全面，只弄清了植物界怎样影响溴原子的移动，但关于溴在植物有机体的生活中有什么生理作用的問題，甚至于还沒有着手研究。

溴在动物有机体中的作用 已經有許多文献談到溴在动物有机体中的作用問題（如临床治疗、生理和葯理等方面的資料），这是由溴于是治疗某些中枢神經疾病的一种特殊葯剂。但以前所以沒有用作治疗的葯剂，是因为对于溴在动物有机体內的作用和变化情况还缺

乏研究。

从最初几次用溴化鉀治疗失眠症获得成功(1864)起，至今几乎有100年了。

凡用溴治疗能发生良好疗效的一切疾病中都有一些共同之点，无論是整个神經系統失常或是局部神經失常都是如此。

长时間以来，人們都認为溴制剂有良好的鎮靜作用，是由于它有削弱兴奋过程的能力。但 И. П. 巴甫洛夫院士的教学研究(1935)証明，“溴的生理作用並不在于它能減低兴奋性，也不是它能削弱兴奋过程，而是在于它能加強抑制过程”。

已經发現，溴可以增強和加深抑制过程，促进催眠状态的发展，增強皮肤細胞的恢复过程。

如果兴奋作用与抑制作用之間的平衡状态受到破坏，則溴可以加強抑制作用，而使中枢神經系統的活动恢复正常状态。

应用溴制剂(主要是 NaBr)治疗天然神經病，或治疗因試驗促使神經系統过度紧張而发生的神經病都非常有效。

И. П. 巴甫洛夫和他的同事們确切地肯定，正确选择溴的剂量，对治疗疾病能否成功具有莫大的、而且常常是有决定性的意义。溴的必需用量可能相差到1000倍以上(彼特洛夫和烏西也維奇，1936；烏西也維奇，1938)。看来，試驗动物的神經系統愈衰弱，溴的用量就应該愈少。

可惜，这些已經被确定下来的原理，如：(1)溴的作用是提高中枢神經系統的抑制机能；(2)正确选择溴制剂的用量对順利治疗疾病的意义等，在医生当中並沒有得到应有的推广。

用溴治疗疾病时，应該周期性地使用，因为长期使用溴化物，会使其蓄积在有机体內而引起溴中毒。后来人們对溴中毒的病征(溴毒症)所表現的順序性和消除这种病征的研究頗感兴趣，因为这样可以更深入地理解溴对有机体的作用实質。

溴在动物有机体內的分佈及其类型 И. П. 巴甫洛夫对于溴和

确定它对中枢神經系統的影响很感兴趣，因而也促使一些刊物发表了很多有关闡明溴在动物有机体內分佈情况的試驗研究。

溴是动物器官和組織內經常遇到的元素，动物器官內的含溴量高于周围环境中的含量。因此，动物和植物一样，也是溴的浓集者。但是溴在动物体內的絕对数量並不太多，这就是很难測定它的原因。

文献中有許多关于溴在动物体內分佈情况的資料，但其中很多資料在方法上是互相矛盾的，而且也不是沒有缺点的。

人血液中的含溴量变动于0.23—1.70毫克%之間，其平均数是一个固定的常数。

动物血液中氯和溴的含量是有一定比例的。同时有許多文献闡明了氯和溴的平衡及其变动情况，但我們这里不便談到这个問題。

几乎所有的学者都一致認为，溴在垂体內的含量是相当高的，如人的垂体內的含溴量为活重的15—20毫克%。有些学者发現，脑垂体前叶含溴量特别多，而另外一些人並未发現这种情况。甲状腺內的含溴量比較少一些，但仍相当多，如人的甲状腺含溴量为干物質的19—35毫克%(含碘56毫克%)。

有些学者发現腎上腺和主动脈的管壁內有大量溴，但另外一些人則未发現。其他器官和組織內的含溴量約为1—2毫克%。

有人曾发現一些有趣的事实，即血液和垂体內含溴量的多少决定于有机体的生理状况。

如果患有某些瘋狂抑郁性的精神病，則患者血液內的含溴量比正常人少40—60%。患有运动兴奋性的精神病患者，血液內的含溴量也減少了。其他各种各样的中枢神經系統病(包括脑梅毒、脑肿瘤和中风等疾病)的患者也有同样情况。

睡眠可以影响垂体內含溴量的变化。如睡眠时，垂体內溴的数量急剧減少，从15—20毫克%減少到6—8毫克%，但此时延脑內溴的含量却显著增加。必須指出，将含溴而无蛋白質的垂体水浸液注射到狗的膀胱內，可以使它連續睡眠24—36小时。应該說明，由于

摘除垂体的影响，血液內的含溴量会显著减少(減少 43.7%)。根据这些以及其他一些事实，可以認为垂体是調节溴代謝的腺体。

还沒有人提到有关睡眠的一般机制及其內分泌学說等值得爭論而又深奥的問題，不过我們要特别指出，有許多作者認为，垂体是与調节睡眠与醒覚有关的腺体。此外，也有些著作指出了动物在冬眠期間垂体組織学的变化状况。

有人指出，由于性别和年龄的不同，垂体的含溴量也有区别。例如，45 岁到 60 岁的男人，垂体內的含溴量平均为 15 毫克%，同样年龄的妇女平均为 5 毫克%；接近 75 岁的人，垂体內只含有微量的溴。因而，作者們認为这就是"生机"减退以至衰老的原因。

有一些片断的資料說明，溴在血液和垂体內的含量因性别、年龄、內分泌系統的状况和所患精神病的类型而不同，这些資料还需要进一步詳細地研究。

所有的研究者都发現，动物体內的溴常以无机的游离状态和有机的化合状态存在的。

有些学者指出，这两种溴有不同的比例关系。例如，根据某些資料，人的血液內有 30% 的游离溴，70% 的有机化合溴；另外一些資料說明，血液內只有 20% 的溴合成有机化合物。

已經发現，垂体內所有的溴几乎都是有机化合物。有些人推測說，有一种在結构上类似甲状腺素的溴激素，但这种物質並沒有分析出来，也沒有从化学上对它加以适当的研究。

A. Ф. 湖申 (1940) 曾得到一些值得注意的資料，即狗的大脑半球的皮层和白質內，超濾型和非超濾型溴有比例关系。他証明在大脑半球的皮层內，非超濾型有机化合溴比超濾型溴的含量多 2 倍。

白質內非超濾型有机化合溴比超濾型溴的含量多 1 倍。应該注意到，溴的含量过多时，超濾型溴的含量会显著增加：如皮层內的含量增加 74 倍；白質內的含量增加 43 倍。

但此时非超濾型溴的含量增加不多，只增加了 1—3 倍。

在一些定量測定溴的代謝变动情况的試驗里，作者特意供給牲畜过多的溴，使有机体內的含溴量显著提高。当然，这些溴所表現出来的习性已經不能說明溴的正常代謝情况。

我們的任务是在不破坏有机体內溴的正常比例关系的条件下，探討动物体內溴的代謝是依神經系統的机能处于正常状态和病理状

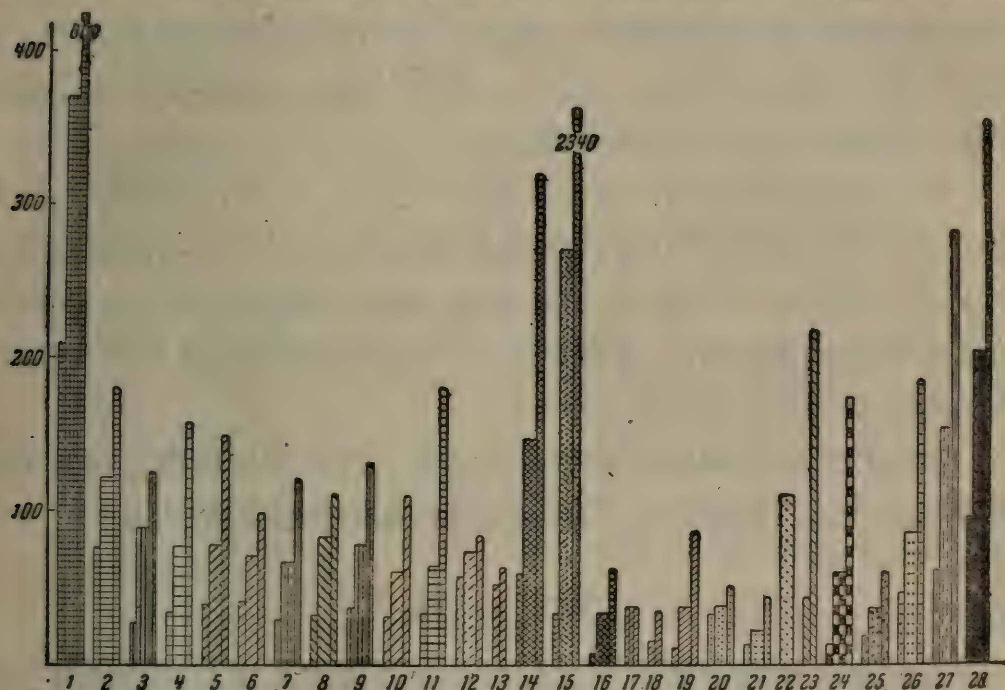


圖 1　放射性溴在白鼠的不同器官和組織內的分布情況

縱軸—不同器官的相对活动性(以 1 分鐘內的脉冲数来表示)。1—血浆，2—血液的有形成分，3—肺，4—肝，5—脾，6—淋巴腺，7—領下涎腺，8—耳下涎腺，9—胰腺，10—腎上腺，11—胸腺，12—睾丸，13—卵巢，14—甲狀腺，15—垂体，16—大腦半球皮層，17—大腦半球皮質下層，18—中腦，19—小腦，20—延腦，21—肌肉，22—胚胎，23—胃壁，24—胃內容物，25—粪便，26—腎(皮質层)，27—腎(髓層)，28—尿。

变化的情况而轉移。因此，用放射性指示剂方法是最方便的，用这种态方法，可以将数量极少的帶放射性同位素的溴注入有机体內(卡曼，1948；維尔霍夫斯卡婭，1947，1948)。

在第一个阶段內，我們很感兴趣地研究了极少量的溴在正常的动物体內的分佈情况。

試驗是用 19 只家鼠作的，工作方法如下：在試驗动物的皮下注射生理溶液，其中含有放射性溴，射綫的活动性約为 0.4 μ Cu，並帶有溴(溴化鈉) 5—7 毫克。經过一定时間之后，将动物杀死，並从不同器官和組織內採取样品，用葛伊格尔-繆列腊計量器計量样品內射綫的活动性，以确定其中溴的放射性同位素的含量。关于不同样本的射綫相对活动性的資料，是以单位时間內的脈冲数来表示（見图 1）（維尔霍夫斯卡婭，1950）。图內对每一个样本都列出了相对活动性的最低、平均和最高的数值。

根据我們的試驗資料可以确定以下几点：在皮下注射溴时，发現血液、尿、腎脏髓层、甲状腺內的放射溴最多；有时垂体內的放射性溴也很多。而在肺、肝、脾、腎上腺、胸腺、胰腺、淋巴腺、睾丸和卵巢內，放射性溴的数量中常。在脑的各部位也发現有极微量的放射性溴。在肌肉內放射性溴的数量較少。

垂体內放射性溴的含量有很大变化，这表明垂体內含溴量的变动是相当大的。因而証实了垂体对溴代謝有极強的活动力。

結　論

虽然有許多研究闡明了溴制剂能夠使神經失常的动物恢复正常的条件反射活动，以及这些制剂对治疗人的許多中枢神經系統疾病的作用，但至今仍有不少关于溴在有机体內的作用及其变化的問題沒有弄清楚。

如果了解了人的中枢神經系統的活动被破坏的情况，以及制定一些消除它們的方法，将会有助于下列几个問題的解决：

（1）确定溴在有机体內的正常作用；（2）闡明溴制剂的用量为什么有如此重大的作用，常常能决定治疗的效能；（3）說明溴都有那些特性与它本族內最鄰近的元素（氯和碘）不同，以便找出溴对中枢神經系統的特殊作用；（4）說明溴对中枢神經系統的抑制过程所起的細微作用的实質和有什么样的机制。

最有意义的是說明溴与本族最鄰近的元素——氯和碘有什么不同。該族各元素所发生的化学的、物理化学和物理学特性的变化大都是簡单的变化。但从溴的一些特性(例如，在离子的移动性、分子的导电性、电离勢能的大小、电子亲合力)及某些其他特性来看，並不是居于氯与碘的中間地位。

对溴的特性的研究可以揭露它对中枢神經系統抑制过程所起的細微作用的本質，同时可以解决如何正确使用溴和选择适当剂量来治疗神經病的問題，以及解决溴的某些生物地質化学問題。

参 考 文 獻

Бродский А. И. 1948. Физическая химия, т. 1 и 2.
Вернадский В. И. 1934. Очерки геохимии.
Верховская И. Н. 1947. Искусственно-радиоактивные изотопы и применение их в биологии и медицине. «Успехи совр. биологии», XXIII, 335.
Верховская И. Н. 1948. Радиоизотоп фосфора и его применение. «Успехи совр. биологии», XXVI, 675.
Верховская И. Н. 1950. Роль брома в животном организме. Изв. АН СССР, сер. биологическая, № 1, 114.
Виноградов А. П. 1944. Химический элементарный состав организмов моря. Тр. Биогеохимич. лабор. АН СССР, VI.
Иванов-Смоленский А. Г. 1949. Очерки патофизиологии высшей нервной деятельности.
Камен М. 1948 Радиоактивные индикаторы в биологии, М.— Л.
Павлов И. П. 1935. Экспериментальная патология высшей нервной деятельности, 5, 35.
Павлов И. П. 1938. Двадцатилетний опыт объективного изучения нервной деятельности (поведения) животных. Условные рефлексы.
Павловские среды. 1949, т. I—III.
Петрова М. К. 1935. Новейшие данные о механизме действия солей брома на высшую нервную деятельность и о терапевтическом применении их на эксперементальных основаниях. ВИЭМ.
Петрова М. К. и Усиевич М. А. 1936. О пределах отношения организма к брому. «Физиологический журнал СССР», XX, 215.
Селиванов Л. С. 1939. Геохимия и биогеохимия рассеянного брома. Тр. Биогеохимич. лабор. АН СССР, сообщ. I—III, т. 5, 113.
Селиванов Л. С. 1944. Тр. Биогеохимич. лабор. АН СССР. Сообщ. IV, т. 7, 55.
Селиванов Л. С. 1946. Тр. Биогеохимич. лабор. АН СССР, т. 8, 5.
Усиевич М. А. 1938. О действии различных доз препаратов брома на условнорефлекторную деятельность собаки. Тр. Физиологич. лаборатории И. П. Павлова, VIII, 385.
Шошин А. Ф. 1940. Различные формы брома в коре и белом веществе головного мозга собаки (ультрафильтруемый и неультрафильтруемый бром). «Физиологический журнал СССР», 28, 689.

[鄧鴻举譯 刘 昭校]

在輕質生草灰化土上硼、溴、碘等微量元素对馬鈴薯的產量、碳水化合物含量和酶的活动度的影响

И. Г. 瓦熱宁　　В. И. 別里亞科娃

馬鈴薯的化学成分和所有其他作物一样,含有多种微量元素。根据各个学者的資料(C. M. 普罗柯舍夫,1934; M. A. 德拉果米洛娃,1944; M. B. 卡塔雷莫夫,1948),它們的平均含量如下(100克鮮物質內的毫克数):

元素	含量	元素	含量
鉄	30.00	鉬	0.026
銅	16.50	鈷	0.015
鉫	5.00	砷	0.080
錳	3.50	碘	0.020
鋅	3.00	溴	0.100
鋁	1.05	硼	13.000
鎳	0.026		

每公頃平均收200公担馬鈴薯时,将从土壤內吸收約300克硼和銅,数十克鉫、錳、鋅和鋁,而碘、鈷、鎳和其他上述元素只有几克。

土壤是滿足植物所需微量元素之源泉,实际上有許多試驗証明,将上述多种元素施到土壤里作肥料,效果都很高。应当指出,在該种土壤內,不是这些元素的含量很少,就是处于植物不能吸收的状态。

关于研究土壤內微量元素的一些著作証明,大多数微量元素的含量自南而北逐漸減少,即使在同一类型的土壤內,腐殖質含量愈少,机械成分愈粗(砂性愈大),則微量元素的含量也愈少(西尼亚柯娃,1939;波布克,1944;謝德列茨基和伊万諾夫,1944;及其他人)。在生草灰化土带內,凡是由冲积沉积物和冰水沉积物所形成的

砂土內，微量元素都很少。

为了例証上述情况，我們把索利卡姆农业試驗站砂質生草灰化土的剖面內某些微量元素的含量引証如下(每百克干土內的毫克数)[1]：

深度 (厘米)	Cu	Rb	Li	Cs
1—12	1.0	5	1	0.1
15—25	0.6	4	1	0.1
25—40	0.7	3	1	0.1
100—105	0.8	4	1	0.1
185—205	1.3	3	1	0.1
320—350	2.3	8	2	0.1
420—430	6.8	10	3	0.5

經測定的几种微量元素大部分处于矿質状态，或与土壤有机質紧密結合在一起（維尔納德斯基，1934；謝里万諾夫，1946）。因此，可以預料到，在缺乏腐殖質的砂質生草灰化土內施入微量元素效果最高。

如果把土壤和植物(馬鈴薯)的化学成分比較一下，就完全可以推測到，不給土壤施入微量元素，首先会发現土壤缺硼和銅，其次是鉫和鋅。至于鉄、錳和鋁，任何一种土壤都能充分滿足植物的需要。在弱酸性或中性条件下，以及土壤內的氧化还原过程正常时，植物对这些微量元素的需要完全可以得到滿足。只有在施用石灰的土壤上，施用鉄盐和錳盐才会有效。

硼是研究最透徹的一种元素，在生产中已經証明它对許多作物都有效（波斯彼洛夫，1947；卡塔雷莫夫，1948）。同时确定銅在泥炭土上对大蔴和谷类作物也有很高的效果（多庫金，1933；舍夫琴柯，1941）。至于銅对馬鈴薯的影响，正如 Д. Н. 普利亚尼什尼柯夫(1940) 所指出的，“只有在人为条件下才会发生問題”。关于硼和碘的效果一般还很缺乏研究，E. B. 波布克（1944）指出，“碘容易为植

1) 土壤內微量元素含量的分析是 Л. Н. 伊万諾夫在苏联科学院土壤研究所光譜試驗室內进行的。

物吸收,但它对提高某种农作物的产量影响如何还沒有肯定下来”。

有許多矿質肥料和有机肥料都含有大量的各种微量元素,例如,在一般施肥量下,草木灰、廐肥和泥炭內含有数百克硼,也就是比馬鈴薯和直根类作物在中等产量时自土壤內吸收的数量多1—2倍(卡塔雷莫夫,1948)。有些磷灰土和过磷酸盐也含有大量鋅和砷,智利硝石和某些鉀盐含有硼、溴和碘(馬拉切夫斯基,1935;布尔克謝尔,1935)。因此,同一类型的肥料,其效果不仅决定于它在植物主要养分中的意义,而且也决定于它所含有的微量元素。相反地,在施用这些肥料时,不了解它們的化学成分而去研究微量元素的效果,就会得出錯誤的結論,認为某种肥料中所含有的那些微量元素沒有什么效果。

有許多田間試驗(大部分是在輕質土上进行的)确定,粗鉀肥(鉀石盐和光卤石)对馬鈴薯的效果比浓縮鉀肥(氯化鉀、硫酸鉀和硝酸鉀)高。粗鉀盐与浓縮鉀盐不同之点在于它只含有20—25%氯化鉀,其余佔重量75—80%的物質都是氯化鈉(鉀石盐)或氯化鈉和氯化鎂(光卤石)。同时大家都知道,高浓度的氯对馬鈴薯,特别是对淀粉含量有不良的影响,而鈉对土壤的物理特性也有不良的作用。

可是怎样解释粗鉀盐的高度效果呢?

1933年曾在索利卡姆农业試驗站的砂質生草灰化土上进行了田間試驗,比較不同类型的鉀肥对連作馬鈴薯的效果。鉀肥的作用如下:第一年于开荒后即施入最好的鉀肥——浓縮鉀肥——硫酸鉀、硝酸鉀和氯化鉀,另外又施入劣質鉀肥——粗肥,如光卤石和鉀石盐。7—8年后再施肥时,凡施浓縮鉀肥的馬鈴薯产量均开始显著降低,到試驗的第15和16年,产量低到与未施鉀肥的处理一样。施粗鉀盐的馬鈴薯产量也略有降低,但仍保持相当高的水平,尤其是施用光卤石的处理(表1)。

試驗的一般条件 1933年在开墾多年的撩荒地上进行了試驗,这块地的前身是一片森林(松林),数十年前就已經砍伐了。土壤是在厚达1.5—2米的冰水砂質沉积物上发育起来的砂質生草灰化土。

表 1 不同类型的鉀肥对馬鈴薯产量的影响(基肥 NP)

試驗处理	块茎四年的平均产量							
	1933—1936		1937—1940		1941—1944		1945—1948	
	公担/公頃	%	公担/公頃	%	公担/公頃	%	公担/公頃	%
对照	122	100	64	100	46	100	41	100
氯化鉀	160	131	112	177	58	124	52	125
硝酸鉀	176	144	152	238	116	250	69	188
硫酸鉀	180	147	173	272	152	326	103	250
鉀石盐	165	135	140	219	102	220	110	268
光鹵石	165	135	143	225	135	290	153	373

自 1933 年开始每年給試驗小区施入矿質肥料，每公頃的施肥量为鉀肥 60 公斤，硝酸銨和过磷酸盐各 90 公斤。从 1933 年起，施肥前將硝酸銨与等量的石灰石粉或熟石灰混合起来。肥料是在栽薯前 5—15 天內春耕时施到地里。馬鈴薯为洛尔赫品种，每公頃栽薯块 1.9—2.0 公担（薯块平均重 50 克）。小区总面积为 75 平方米，重复 4 次，每隔两个試驗小区排一对照 (NP)。

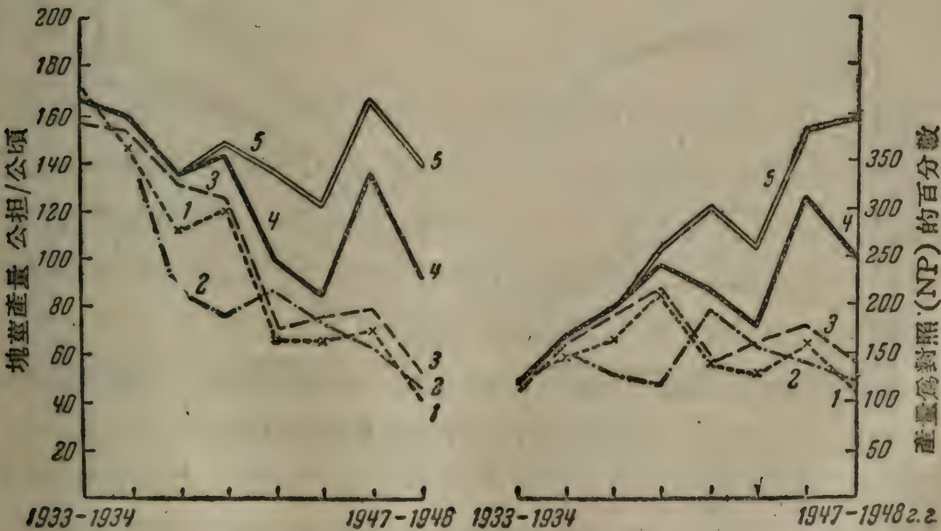


圖 1 氯化鉀对馬鈴薯产量的影响

1—氯化鉀；2—氯化鈉；3—40% 的鉀盐；4—鉀石盐；5—光鹵石。

馬鈴薯块茎产量 4 年的平均結果如表 1 所示。块茎产量的数据用图表表示之（图 1），右图是用百分数（与对照相比）来表示产量。施鉀石盐和光鹵石的产量与对照比起来，逐年下降的速度要慢得多，而在最后几年，甚至还有些提高（与战时产量比較），所以施粗鉀盐的相对产量（为对照的百分数）几乎是直綫上升。

各种鉀肥对植株发育及其体內生化过程的不同影响反映在植物的外表狀况上。自試驗的第 6 和第 7 年起，施浓縮鉀肥的植株即开始发生机能性病害，因此，开花初期叶子就很快干枯脫落了。

在 1946 年的生长期間，我們曾定期对各試驗处理的块茎产量、叶丛和每片綠叶（重量和表面积）进行了精确的計算，第一次是在 7 月 20 日，正当孕蕾和个别植株开始开花时进行的；最后一次是在 9 月 28 日收获馬鈴薯时进行的。此时，所有处理，除未施肥、未施光鹵石、电解質和鉀石盐等小区外，几乎整个小区上的植株都干枯了（图 2）。

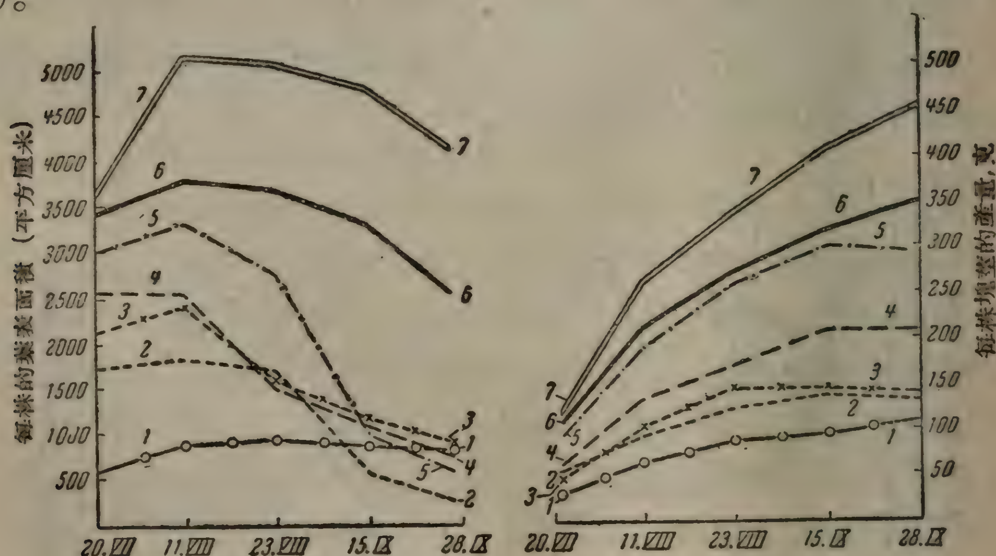


圖 2　馬鈴薯植株的叶表面积对块茎产量的影响

1—未施肥；2—对照，基肥 NP；3—氯化鉀；4—硝酸鉀；5—硫酸鉀；6—鉀石盐；7—光鹵石。

到 9 月15日，除施鉀石盐、电解質、光鹵石和未施肥等处理外，其他試驗处理內的植株均由于落叶而使块茎不再繼續膨大了。

上述情况——施浓縮鉀肥的植株綠叶脱落，也是由于近几年来极其反常的田間試驗結果所造成的。

可見，在該試驗內，馬鈴薯块茎产量的高低，首先决定于在大量积累淀粉时(开花至收获)綠叶营养面积的大小。这个时期愈长，块茎产量的差異也愈大：如施粗鉀盐的产量就比施浓縮鉀肥的处理高一些。

試驗內施浓縮鉀肥的馬鈴薯发生干枯和落叶等病害，多半是因为試驗地的土壤里缺乏鎂和其他微量元素。

粗鉀盐和浓縮鉀肥不同之点是它們在某些微量元素的含量上相当多(表 2)。

表 2 鉀肥內微量元素的含量

盐类	每百克盐类內的毫克数				施肥量 100 公斤时施到土壤內的克数			
光鹵石	3—5	100—300	1—5	10—90	25—50	800—2500	10—40	50—700
鉀石盐	將近 1	25—40	1	1—5	5—10	200—500	5—10	5—50
氯化鉀	无	2—5	无	—	—	3—7	—	—
食盐(“彼尔米揚卡”)	1	10—25	2—10	—	1—3	10—30	2—12	—

自表可見，以光鹵石作肥料时，施到土中的铷、碘，特别是溴远远超过了馬鈴薯自土壤內吸收的数量，不过溴的数量可能表現不足。以鉀石盐作肥料时，还可以把少量硼施到土壤里。而施用氯化鉀时，則上述微量元素根本不能施到土壤內。

1949 年 6 月 15 日，又在上述田間試驗中自 1933 年开始施用氯化鉀、硫酸鉀和光鹵石的小区上进行了試驗，以便研究微量元素的效果。在坑底为 15—20 厘米的坑內灌入微量元素水溶液(每坑 100 毫升)。坑內再填入一半土，将块茎放在上面，然后用土将坑完全埋住。試驗分两組：第一組是单独施用各种微量元素，第二組是施用微量元素的混合物，但除去其中任何一种元素。各試驗处理到开始統計时，

每組均有 10 株。

化合物的类型及其中所含之微量元素的施用量如下所示：

微量元素	数量(毫克)
硼 ($Na_2B_4O_7$)	10 B
溴 (KBr)	25 Br
碘 (KI)	5 I
銣 (Rb_2CO_3)	10 Rb
鈷 [$Co(NO_3)_2$]	10 Co
錳 ($MnSO_4$)	10 Mn
銅 ($CuSO_4$)	4 Cu
鋅 ($ZnSO_4$)	4 Zn
鎂 ($MgSO_4$)	250 Mg

在研究微量元素的效果时，最重要的是正确地确定施用量，使其在該种条件下最有利。因为施用量不足，可能使这种元素完全失效；施用量过高，会使植物严重中毒——显出受抑制的样子。我們所采用的施用量，对大多数微量元素来說，都可以認为是最合适的。

观察了植物的发育情况后发現，在施用氯化鉀和硫酸鉀的小区內，大多数处理內的植株都比对照处理发育得好，尤以施微量元素混合物和施鎂的处理最好。在这些处理內，只有个别植株得病。

在施鋅的处理內，至少是在施銅的处理內可以发現个别植株的发育情况和单株产量很不整齐。馬鈴薯是提前收获的，因为 9 月 9 日的霜寒已經把茎叶完全冻死了。

表 3 是施氯化鉀小区的馬鈴薯块茎产量的計算結果。

为了能够鑑定所得結果的可靠性，我們按下列公式計算产量的平均誤差和增产量的均方誤差 (m)：

$$\pm m=\frac{\sqrt{\sum S^2}}{n(n-1)},$$

根据以上公式再按下列公式計算 t：

$$t=\frac{\text{增产量}}{mD},$$

$mD = \sqrt{m_1^2 + m_n^2}$；$m_1$ 是对照的平方誤差，而 m_n 是該試驗处理的平方誤差。如果重复 10 次(n)，$t = \pm 2.0$，則根据斯邱建特的分配，或然率 P 是非常显著，等于 0.93。因此，在該項田間試驗內，$t > 2$ 时，馬鈴薯块茎的增产量是完全可靠的。在单独施用的情况下，只能說鎂和鈷是增产的，而硼可勉強算作增产。但在除去某一种元素的組內，所有試驗处理均表現出良好的作用，只有鋅、鈷例外。施微量元素混合物的馬鈴薯，块茎产量增加了 1 倍多。施硫酸鉀的小区不同于施氯化鉀的小区，前者因施錳和銅使增产量比較可靠；施鎂的增产量則很少。应該指出，施鎂的块茎产量平为 608 克，而施微量元素混合物(包括鎂)的只有 468 克。看来，微量元素混合物对产量有不利的影响，这从施微量元素混合物不施鎂的产量只有 149 克可以得到証实。然而不能因此而作出結論說：微量元素是有效的，但它們

表 3 在田間試驗內微量元素对馬鈴薯的效果(施氯化鉀的小区)

試驗处理	施微量元素					未施微量元素				
	块茎产量克/株		增产量			块茎产量克/株		減产数		
			%	克	t			%	克	t
对照	216 ± 55		—	—	—	408 ± 34		—	—	—
B	372	94	72	156	1.43	302	38	35	166	3.25
Br	285	30	32	69	1.10	313	53	33	155	3.46
I	288	28	33	73	1.19	320	41	31	148	2.78
Rb	326	68	51	110	1.25	334	31	29	134	2.91
Co	398	66	84	182	2.12	382	61	19	86	1.23
Mg	608	199	179	387	3.16	149	38	68	319	6.25
Mn	348	80	61	130	1.34	331	66	30	137	1.84
Cu	314	77	47	98	1.08	310	60	34	178	2.58
Zn	252	55	18	36	0.47	417	66	10	51	0.68

也有不良的影响。因为从以上微量元素中除去任何一种都会降低产量。从試驗里可以看出另一种情况：鎂不仅在单独施用时非常有效，

就是和其他微量元素配合起来应用，效果也很高。但混合物中微量元素的份量显然是要高一些。

在施光鹵石的小区上，植株发育良好，不同处理之間沒有太大区别。因此，只根据称取 10 株块茎的总产量来計算产量(表 4)。

表 4 微量元素对馬鈴薯产量的影响(田間試驗；基肥——光鹵石)

試驗处理	施微量元素			未施微量元素		
	块茎产量 克/株	增产量		块茎产量 克/株	減产数	
		克	%		克	%
对照	522	—	—	694	—	—
B	722	200	38	481	213	31
Br	510	—	—	581	113	18
I	596	74	14	610	84	12
Rb	607	85	16	589	105	15
Co	519	—	—	548	146	21
Mg	534	12	2	702	—	—
Mn	560	38	7	613	81	11
Cu	560	38	7	587	107	16
Zn	544	22	4	655	39	5

微量元素的作用与其在施浓縮鉀肥小区上的作用相差不多。硼有良好的作用是完全可靠的，碘和銣的作用就不太可靠，而在除去某种微量元素的組內也同样如此，即除去溴时有可靠的良好作用，而除去鈷与銅时即非如此。

混合施用某种微量元素的效果比单独施用时高是試驗中的普遍情況。

上述試驗証明，由于多年連續栽培馬鈴薯的結果，使施用氯化鉀和硫酸鉀小区的土壤缺乏鎂和多种微量元素，首先是硼。单独施用一种微量元素时，以施硼小区上的植株最健壮。如果不是严重的早霜使植株死亡的話，硼还会表現出更显著的良好作用。

由此可見，在田間試驗內光鹵石所以能显出优越性，是因为它含有鎂等微量元素（硼、溴、碘、銣）。

1948 年又用施硫酸鉀小区的土壤进行了盆栽試驗，研究微量元素的效果。在容积为 30 升的鉄盆內裝入 25 公斤已施肥的土壤。每盆施肥量如下：N、P_2O_5 各 3 克，K_2O 1 克，MgO 1 克；肥料类型为：NH_4NO_3，$Ca(H_2PO_4)_2$，KCl 和 $MgSO_4$。所施之微量元素化合物和以上所提到的相同，施用量（克/盆）为：硼——5，溴——10，碘——2，銅——2，銣——2，鋅——2。全部肥料均以溶液状态施用。装土后过 10 天，栽入自块莖芽眼培育出的馬鈴薯幼苗（每盆 3 株，品种为洛尔赫）。以后又根据植株的发育情况，在盆內两次加入原来的土和砂子（每次每盆加 2 公斤），並給植株培土。此外給植株澆蒸餾水和雨水，使土壤湿度保持最大持水量的 60—70%。試驗重复三次（共 9 株）。

提早在 9 月 13 日收获，但試驗已不可能繼續进行了，因为施鋅和碘的植株，綠叶只剩下 15%，大多数叶子都变黄，部分已干枯。可是施硼的处理，收获前茎叶仍異常鮮綠，施銅和溴的处理略差一些。順便提一下，施微量元素的处理中叶片变黃和干枯的情况，与田間試驗內所見的完全不同（如上所述）。在这种情况下，由于失去叶綠素，

表 5 微量元素对馬鈴薯产量的影响（盆栽試驗，1948 年；基肥 NPKMg）

試驗处理	茎叶（干物質）		块茎			淀粉含量			
	克/盆	%	产量克/盆	增产量		在块茎內所占的%	克/盆	增加数	
				$M \pm m$	%			$M \pm m$	%
对照	48	100	415	—	100	11.6	48	—	100
B	52	105	707	292±63	170	15.7	111	63±21	230
Br	42	88	494	79 21	119	14.8	73	25 11	151
I	44	91	494	79 25	119	15.7	78	30 12	162
Cu	43	90	545	131 24	132	14.8	81	33 17	166
Zn	38	80	507	92 14	122	13.8	70	22 9	145

叶片衰老得很快。但变成檸檬黄色和橙黄色的叶片长时間內仍保持着生命活动力。

关于各試驗处理中馬鈴薯的块茎和茎叶产量，以及淀粉含量的結果如表 5 所示。块茎的增产量和淀粉的增加量，都計算均方誤差(m)。

上述盆栽試驗証实了田間試驗內关于微量元素对馬鈴薯效果显著的結果。在 1947 年类似的試驗內，各处理中馬鈴薯块茎的产量(为基肥 NPKMg 产量的百分数)如下：硼——183，溴——124，碘——128，銣——117，銅——106。我們認为，銅的效果不高乃因溶解銅盐的蒸餾水是从鍍錫質量不好的銅槽製取的。在这个試驗內，施銅处理的叶片比其他处理黄得早，也干得快。

1949 年，我們曾用同一方法进行了馬鈴薯盆栽試驗，其中不同之点为：(1)試驗用的土壤是取自施硝酸鉀的小区；(2)在基肥中加入 $MgCO_3$ (1 克 MgO)和 $CaCO_3$(5 克 CaO)——按代換酸度計算；(3)增加溴和銣的施用量(25 毫克 Br 和 5 毫克 Rb)，銅和鋅的施用量則相反地減至 1 毫克。到收获时，发現施硼的茎叶生长得最好，施銅、溴和碘的处理稍差一些，施銣和鋅的处理最差(許多叶子都干枯了)。

不同处理的馬鈴薯块茎产量見下表(基肥 NPK)：

	产量 克	产量 %
对照	477	100
硼	698	146
溴	550	115
碘	567	118
銅	506	106
鋅	511	107
銣	538	113

根据盆栽試驗和田間試驗計算产量的結果与植株发育情况的观察，我們将微量元素对馬鈴薯块茎产量的效果按下列順序排列：

$$B > Br,\quad I > Cu,\quad Rb > Zn.$$

如果施用量合适，其他条件也較好，則銅盐，甚至鋅的效果也很高。

在所有上述試驗內，硼对馬鈴薯的茎叶均有显著的复壮作用；直到收获前，这項处理內的茎叶仍保持很強的生活力。

自表 4 可以看出，所有經試驗的微量元素对馬鈴薯虽有不同的生理作用，但块茎的淀粉含量都比对照高。

在未施微量元素的对照內，得病的馬鈴薯植株很早就枯萎和落叶了。其块茎的淀粉含量很低亦可說明这点。施碘的处理在收获时虽然綠叶不超过 15%，但块茎的淀粉含量很高。由于收获馬鈴薯时，凡土壤中施硼和銅的盆內，茎叶均有很強的生活力，因此，可以說这些处理內馬鈴薯的淀粉含量有些增加是因为植株生命活动的时間較长所致(时間因素)。可見，銣、溴、硼对累积淀粉最有利，銅和鋅次之。

表 6 的結果是表示 1948 年盆栽試驗中施微量元素的馬鈴薯块

表 6 微量元素对馬鈴薯可溶性碳水化物含量的影响(占鮮物質的%)
(基肥 NPKMg)

試驗处理	含糖量					
	叶片內			块茎內		
	果糖	蔗糖	总糖量	果糖	蔗糖	总糖量
对照	1.21	0.48	1.88	0.30	1.43	1.59
B	0.76	0.78	1.22	0.30	0.36	1.34
Br	0.78	0.70	1.08	0.26	0.25	1.37
I	0.86	0.63	1.20	0.27	0.18	1.24
Cu	0.68	0.59	0.98	0.29	0.35	1.53
Zn	0.70	0.57	0.92	0.33	0.38	1.47

茎和叶片內的含糖量。还原糖是按伊謝庫特茨方法測定的，果糖則按謝里万諾夫的方法測定的。

在各种微量元素处理中，块茎內还原糖和蔗糖的含量都比对照

低得多。这种現象可能是由于糖分的合成作用降低所致，也可能是因为糖分自块茎向外輸出的較多，或者是糖分轉化为淀粉(叶片內)。

我們曾按照薩克斯方法分别在早晨、中午和晚上自馬鈴薯秧上摘下叶片(自上数第三片)，用以测定初生淀粉的含量。現將各处理內叶片薄壁組織細胞的淀粉含量按遞減順序列表如下：

早晨……………………………… Cu > Br > I > 对照 > B > Zn
中午……………………………… B > Br > I > Cu > 对照 > Zn
晚上……………………………… Br > I > B > Cu > Zn > 对照

由于施微量元素的几个处理，块茎的淀粉含量都比对照高，而且叶片內初生淀粉的含量也較高，因此可以作出結論說：所有經研究的几种微量元素对光合作用过程都是有利的。

从以上所述可以看出，不同微量元素对碳水化物的积累和动态有不同的影响。因此，可以把这几种微量元素分为三类：

1. **硼**　在施硼处理內，发現叶片的含糖量很多，初生淀粉在中午迅速积累在叶內，並且容易轉化成糖和自叶片輸往块茎內。正因为如此，才使淀粉大量积累在施硼的馬鈴薯块茎內。

2. **碘和溴**　这两种元素的特点也是叶片內的含糖量和初生淀粉的含量很高，但它們自叶片輸往块茎的速度較慢——运送緩慢。这个特点在施溴处理中表現得更明显，块茎內的含糖量最低，也就是說，輸送到块茎內的糖分很快就轉化为淀粉。

3. **銅和鋅**　叶片的含糖量最低，相反地块茎的含糖量却較高。施銅处理的特点也是叶片內所形成的初生淀粉很慢才轉化成糖分。

由此可見，硼对累积淀粉最有利，其次是碘和溴，銅和鋅最差。由于硼对茎叶的生命活动有非常良好的影响，因此，可以促使淀粉的最終产量大大提高。

植物碳水化物的代謝同一切主要的分子重排作用及細胞內有机質的化学变化一样，是依靠細胞內复杂的酶系統来完成的。

酶的活动性与植物体內的微量元素有着一定的相关性，这一点

已經被确切地証实了。某种微量元素对植物的刺激作用和毒害作用首先表現在它对酶系統的影响上。

在 1948 年和 1949 年盆栽試驗中的馬鈴薯块茎和叶片（自上数第三片）的样本內，曾按照巴赫与奥巴林的方法测定了过氧化氫酶的活动度，並用林特涅尔（伊万諾夫，1946）方法测定了淀粉酶的活动度，用維里什切切尔（基捷里，1934）方法测定了过氧化物酶的活动度。过氧化氫酶的活动度是用 1 克鮮物質相当于 0.1 *N* $KMnO_4$ 的毫升数来表示，淀粉酶的活动度是用相对数值——10 分制——来表示；而过氧化物酶的活动度則用 1 克鮮物質相当 $K_2Cr_2O_7$ 的毫克数来表示（表 7）。

表 7 微量元素对馬鈴薯块茎和叶片內的过氧化氫酶、淀粉酶和过氧化物酶活动度的影响（基肥 NPKMg）

試驗处理	叶		块		茎			
	1949 年		1949 年			1948 年		
	过氧化氫酶	淀粉酶	过氧化物酶	过氧化氫酶	淀粉酶	过氧化物酶	过氧化氫酶	淀粉酶
对照	1.60	4.16	11	24.2	2.77	11	16.8	0.66
B	2.36	4.16	22	36.8	3.12	10	20.1	0.75
Br	2.56	2.77	17	37.2	3.12	13	18.2	0.91
I	3.96	3.57	21	36.0	3.33	9	17.9	0.86
Cu	1.10	3.12	8	36.4	3.84	9	10.0	0.71
Zn	1.58	3.12	9	36.2	3.33	6	10.1	0.71
Rb	1.46	3.57	15	36.5	3.12	4	—	—

根据以上分析結果可以发現以下情况：

1. 块茎內过氧化氫酶的活动度比它在叶片內的活动度高 9 倍；淀粉酶在块茎和叶片內的活动度大致相同。

2. 当块茎內淀粉的累积強度較低的年分（1949 年），过氧化氫酶和淀粉酶的活动度都提高了。

3. 各种微量元素均能提高（与对照比較）块茎內淀粉酶的活动

度,相反地使其在叶片內的活动度稍有降低。

4. 碘、溴和硼都可以使过氧化物酶和过氧化氫酶的活动度比对照略有提高,而銅和鋅則常使这两种酶的活动度降低。

在 1949 年的試驗內,曾測定了馬鈴薯块茎和叶片內蔗糖酶的活动度。即在 5% 蔗糖液內注入提取液来計算酶的水解作用,活动度的大小按順序排列如下:

叶片內……………………………… Rb > Cu > Zn > Br > I > B > 对照
块茎內……………………………… B > Rb > Cu > 对照 > I > Br > Zn

应該指出,块茎內酶的活动度(即蔗糖酶的水解作用)是相当弱的,只有叶片內活动度的 1/10 到 1/20。

如果把某些处理中馬鈴薯块茎的渣滓暴露在空气中,則接触到氧气后,即迅速开始变色。起初呈玫瑰色,繼而变为紅色、褐色和茶色,經过数小时后又变为黑色。在1948年的盆栽試驗內,块茎渣滓的变色強度按递減順序排列为:硼>碘>溴>对照>鋅>銅。

块茎渣的变色強度表徵出酪氨酸酶的活动度。

正如大家所知道的,我們在鑑定酶的活动度时所采用的方法极不精确。加以植物体內酶的活动度又很不稳定,这已經被无数事实所証明了。我們所得到的結果只反映了这方面的一部分情况,特别是当微量元素的施用量、配合情况、植物的发育阶段和作物种类不同于本試驗时,我們可能会得出差別很大、甚至完全不同的結果。但根据我們所得到的材料,可以作出如下一般性的結論:把經过研究的几种微量元素的鑑定結果比較一下可以看出:硼、碘和溴可以提高(与对照比較)过氧化氫酶、过氧化物酶、淀粉酶和酪氨酸酶的活动度,而銅和鋅則相反地会降低它們的活动度。叶片內蔗糖酶的活动度(水解作用),情况正与上面相反。在酶系統的活动度上表現最活跃和最富有伸縮性的是施硼的处理。

当酶的活动度較高和变动較大时,植物即比較健壮,发育較好,生产力也最大(产量最高)。

在 1948 年的盆栽試驗內，我們曾直接測定了活植物的氧化还原电势(基肥 NPKMg)，得出还原电势値(用毫伏表示)；以氫电极的电势为参考电势：

对照……450　碘……360
硼……380　銅……410
溴……375　鋅……465

氧化还原电势的测定是在收获前进行的。把还原电势値与上述研究結果比較一下，即可确定出以下的关系：植物体內氧化还原电势的数値較小时，叶片的含糖量和块茎的淀粉含量就比較高，酶的活动度也較強。1949 年的研究証实了还原电势値与有机体一般状况之間的关系。孕蕾期和开花始期时，还原电势値在发育異常旺盛的植物体內(显然，这些植株的新陈代謝也相当旺盛)是比較大的。特别是在此时发現施硼处理的还原电势値最大，施銅的处理最低。在开花末期，也就是淀粉累积最多的时期，新陈代謝最旺盛的植株在叶片的含糖量上也最多，而还原电势値最小。

培养室、田間和試驗室內的試驗研究結果都确定了在砂質生草灰化土內施入硼、溴、碘、鉫、銅等微量元素对馬鈴薯的产量有良好的影响。

微量元素对植物的主要作用是影响植物有机体酶系統的工作。因此，当植物得不到某种能完成特殊机能的微量元素或某几种微量元素时，不免会引起正常新陈代謝的破坏和机能失調，或使植物得病，以至降低产量。

应該指出，在鑑定微量元素的影响时，上述公式的誤差是允許的。我們已經說过，施硼可以提高(与对照比較)酶的活动度，增加叶片內糖分的积累，加速糖分向块茎內輸送等。但实际上不能說成是硼的良好作用，而应該說它沒有不良的作用，或者說沒有缺点。我們在营养液內加入硼或其他一些微量元素时，实际並未改善植物酶系統的活动，而是恢复它原有的状况。但酶表現最大和最強的活动力，以

及整个酶系統的活动，在植物生命活动条件的某种水平上是正常的。

从以上所述的研究結果中，往往可以发現一些相互抵触的情况。例如，銅被認为能降低氧化酶的活动度，但与其他微量元素比較时，則发現氧化还原电势的数值較大，蔗糖酶的水解活动也較強。这些相抵触的情况可能是确实的，也可能是似是而非的。氧化还原电势的数值增大或許是由于叶片內含糖量減少，这可能与酶的活动度降低有关，或者与呼吸过程中糖的消耗增加有关，以及其他情况等。

如果把各种微量元素的鑑定結果互相加以比較，就可以看出使用量有很大作用。我們所采取的用量並不适合所有的微量元素，很可能在采取另一种使用量时(如銅)会得到不同的結果。每一种微量元素，只要含量不是过多，而是正合乎植物的需要，那么，应当有利于酶的功能。然而有些微量元素的特殊作用是保証某些特殊酶的正常功能，而不是抑制酶系統中任何环节的功能。

我們所作的全部試驗(甚至田間試驗)都在一定程度上反映出人为造成的条件：如片面地多年連栽馬鈴薯，造成土壤貧瘠。对广大农业实践來說，連作馬鈴薯是不允許的。在宅旁园地实行馬鈴薯連作时，也必須施用大量廐肥，就是說，不仅在土壤內施入主要养分，而且植物所必須的全部微量元素也施进去了。尽管如此，但在許多情况下，仍需給植物施用微量元素。在田間施肥不多，或因农业技术提高和广泛施用矿質肥料、使大多数作物的产量迅速增加的情况下，毫无疑問是需要微量元素肥料的。由于产量不同，砂土比黏重的土壤当然会更快地显出缺乏微量元素。正因为土壤內缺少某种微量元素，我們才認为粗鉀盐的作用比浓縮鉀肥更好。在不施廐肥的輪作中，粗鉀盐于第 3—4 年，甚至更早一些，就已經表現出它的优越性。

1947 年，在中度灰化的砂質生草灰化土上(与上述田間試驗內的土壤相似)进行了試驗，目的是研究“石灰和微量元素对鉀肥效果的影响”。这块地在試驗前就是农用地，两年前曾栽培过馬鈴薯。1945

年栽培馬鈴薯时施入 500 公斤草木灰，125 公斤硫酸銨，250 公斤过磷酸盐和 125 公斤鉀盐；1946 年又施入硝酸銨（60 公斤 N/公頃）和氯化鉀（60 公斤 K_2O/公頃）。1947 年的試驗是用馬鈴薯进行的，品种为洛尔赫，1948 年的試驗是春小麦，品种为基阿曼特。栽种馬鈴薯时施入硝酸銨和过磷酸盐（每公頃 N 和 P_2O_5 各为 90 公斤）、鉀肥（每公頃施 K_2O 120 公斤）、熟石灰（經过煅烧的石灰石，施用量按二倍代換酸度計算）；微量元素的施用量为：B（硼砂）——0.25 公斤/公頃，Br（KBr）——0.5 公斤/公頃，I（KI）——0.5 公斤/公頃，Cu（$CuSO_4$）——0.5 公斤/公頃。将秤好的微量元素盐类磨碎成細粉，掺入 500 克干土。施用前，将掺好微量元素的土壤与秤好的肥料（准备施在該小区內的）混合在一起。在未施肥的处理內，微量元素（秤取 500 克）于施用前与 5 公斤土壤混合。給春小麦施用的肥料是 $N_{50}P_{50}$，肥料类型同上，微量元素的施用量也与上面相同。但未施用鉀肥和石灰。

在上述試驗內，虽然两种作物的产量相差很多（表 8），但我們認为，根据試驗結果可以作出結論說：施用微量元素对馬鈴薯和小麦的发育及产量是有影响的。植物所得到的养分愈少，則微量元素的良

表 8 微量元素（MЭ）对石灰和矿質肥料效果的影响

試驗处理	1947 年——馬鈴薯块茎				1948 年——春小麦籽粒			
	产量（公担/公頃）		因施 MЭ 的增产量		产量（公担/公頃）		因施 MЭ 的增产量	
	未施 MЭ	基肥 MЭ	公担/公頃	%	未施 MЭ	基肥 MЭ	$M \pm m$	%
未施肥……	51	63	12	23	5.9	7.5	1.6±0.7	27
石灰………	81	77	−4	—	8.9	10.3	1.4±1.8	16
NP ………	105	116	11	10	12.9	15.4	2.5±1.3	20
NP＋石灰	136	135	−1	—	18.6	20.1	1.5±1.3	8
NPK ……	126	116	−10	—	13.9	16.5	2.6±1.3	20
NPK＋石灰	163	149	−14	—	18.6	19.8	1.2±0.9	7

好作用愈明显。如果在施微量元素的处理內，甚至发現施 NPK 的馬鈴薯也有受抑制的样子，那么，在同样处理內，小麦（未施鉀肥）的籽粒产量确实增加了（虽然在相当多的增产量內有一部分是鉀肥显著的后效作用所造成的）。但給这两种作物施用石灰时，則微量元素在所有处理內均未显出良好的作用。如果不詳細地分析这种現象的原因，我們只能发現，在亚麻的盆栽試驗內，碘和溴的良好作用在弱酸性环境內比較明显。另外我們还要指出，在田間試驗內，粗鉀盐——鉀石盐和光卤石的效果也比氯化鉀高得多。

結　論

1. 在种植数年馬鈴薯后的沙土上所作的盆栽試驗和田間試驗証明，硼、溴、碘、铷、鈷、錳、銅和鋅等微量元素对馬鈴薯有很高的增产效果。在所有經研究的微量元素中，以硼的效果最显著。

2. 所有經研究的微量元素都在不同程度上有利于光合作用和植物体內碳水化物的运轉。硼、碘和溴对块茎內积累淀粉最有利，而銅和鋅的作用最小。由于硼对茎叶的生命活动有非常良好的作用，因此，可以促使淀粉在块茎产量中所佔的最終数量最多。

3. 在土壤內施入微量元素可以影响植物体內酶的活动。硼、碘和溴能提高过氧化物酶、过氧化氫酶、淀粉酶和酪氨酸酶的活动度，銅和鋅則相反地能降低它們的活动度。这几种微量元素对蔗糖酶均有相反的作用。酶的活动較強和变动較大必然使植物发育良好，比較健壮，因而生产力也較大(块茎产量較高)。

4. 无論施用那一种微量元素，植物体內氧化还原电勢的大小都与有机体生命活动的一般強度有一定关系。在大量积累淀粉期間，植物体內的还原电勢值較小，同时叶片的含糖量必然增多，而块茎的淀粉含量和酶的活动度也相应提高。

5. 虽然高浓度的氯对植物有不良的影响，但在馬鈴薯試驗內，粗鉀盐(光卤石、鉀石盐）所以比浓縮鉀肥好(氯化鉀、硝酸鉀、硫酸

鉀)是由于粗鉀盐內所含的硼、溴、碘、铷等微量元素有良好作用的緣故。

參 考 文 獻

Бобко Е. В. 1944. Содержание важнейших микроэлементов в почвах СССР и методика определения некоторых из них. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. V, вып. 1.
Бурксер Е. С. 1935. Редкие элементы в Соликамских карналлитах. Сб. «Соликамские карналлиты», ОНТИ.
Важенин И. Г. 1950. Определение окислительно-восстановительного потенциала в растениях. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. XXXI.
Вернадский В. И. 1934. Очерки геохимии. ОНТИ.
Виноградов А. П. 1938. Геохимия и биохимия. «Успехи химии», т. VII, вып. 5
Драгомирова М. А. 1944. Содержание иода в продуктах питания из различных районов Советского Союза. Тр. Биохимич. лаборатории АН СССР, т. VII.
Докукин М. В. 1933. Удобрение болотных почв. Сельхозгиз. М.— Л.
Иванов Н. Н. 1946. Методы физиологии и биохимии растений. Сельхозгиз.
Каталымов М. В. 1948. Значение бора в земледелии СССР. Сельхозгиз.
Кизель А. Г. 1934. Практическое руководство по биохимии растений. Биомедгиз.
Марачевский Ю. В. 1935. Акцессорные элементы и нерастворимые остатки Соликамского карналлита. Сб. «Соликамские карналлиты», ОНТИ.
Поспелов И. А. 1947. Борные удобрения на подзолистых почвах СССР. Изд. АН СССР.
Прокошев В. Н. 1934. Биохимия картофеля. Биохимия культурных растений, т. IV, Сельхозгиз.
Прянишников Д. Н. 1940. Агрохимия. Сельхозгиз.
Седлецкий И. Д. и Иванов Д. Н. 1944. Содержание меди в главнейших типах почв Союза ССР и спектральный метод ее определения. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. V, вып. 1.
Селиванов Л. С. 1946. Геохимия и биохимия рассеянного брома. Тр. Биохимич. лаборатории АН СССР, т. VIII.
Синякова С. И. 1939. Содержание бора в почвах СССР. Тр. Биохимич. лаборатории АН СССР, т. V.
Шевченко Н. Н. 1941. Опыты с колчеданным огарком под коноплю. Докл. АН СССР, т. XXX, № 8.
Якушкин И. В. 1949. Правильные травопольные севообороты.

[邓鴻举譯 陳耕陶校]

在泥炭土上給农作物施用銅肥和硼肥

Г. И. 拉什凱維奇

試驗結果和农业生产实践証明，施用銅肥是提高主要农作物单位面积产量和改进其产品品質的有效措施之一。在大面积开垦沼澤地时，銅肥对提高粮食作物的产量具有更重要的意义。由于在已开垦的大面积沼澤地上，谷物的产量較低，品質也不好，因此，明斯克沼澤地試驗站和各試点在銅肥方面所进行的科学研究工作，从1931年起大大地扩展了。1934年首先試驗了新型銅肥——黄鉄矿渣；1934—1935年，用黄鉄矿渣所进行的許多試驗結果都很好（Н. Ф. 列別捷維奇、Г. И. 拉什凱維奇、А. И. 霍吉科、Г. 伊里英、З. 普拉图諾娃和 Н. 馬修金等人）。

施用黄鉄矿渣作为微量元素肥料可以使谷类作物的产量显著增加，例如，有些集体农庄每公頃谷物的产量达20—25公担。从1935年起，开始大規模进行有关銅肥和黄鉄矿渣的試驗工作。黄鉄矿渣自1936年开始在大面积上施用，从那时起，黄鉄矿渣已成为泥炭土上的主要肥料；不施用它就不能使泥炭土上的許多作物达到丰产。

春小麦　黄鉄矿渣对春小麦籽粒的产量有很大影响。这种作物对施用銅肥的反应极強。例如，每公頃給春小麦施用600公斤黄鉄矿渣时，籽粒的增产量如下：明斯克沼澤地試驗站为14公担/公頃；“五年計划的保証”国营农場为17.7公担/公頃（未施肥的对照田春小麦顆粒无收）；“白俄罗斯共和国十周年”国营农場为6.2公担/公頃；基洛夫沼澤地試驗站为10.1公担/公頃；莫斯科沼澤地試驗站为12.7公担/公頃；波維涅茨試驗站为5.9公担/公頃。因此，所有进行試驗的試点，都因为施用黄鉄矿渣而使春小麦籽粒的产量提高了很多。

大麦　大麦对施用黄鉄矿渣也有很大的反应。例如，明斯克沼澤

地試驗站在 1934—1935 年施用磷鉀肥时，大麦籽粒的产量为 17.4 公担/公頃，而当每公頃施用 600 公斤黃鉄矿渣时，則为 31 公担/公頃。基洛夫沼澤地試驗站在施用磷鉀肥时，两年的平均产量为 13.4 公担/公頃，而以磷鉀肥为底肥每公頃再施用 600 公斤黃鉄矿渣，則大麦产量即增至26.7公担/公頃。每公頃施用 500 公斤黃鉄矿渣时，大麦籽粒的增产量如下："五年計划的保証" 国营农場为 16.3 公担/公頃；"白俄罗斯共和国十周年" 国营农場为 7.6 公担/公頃；"火焰" 国营农場为 12.6 公担/公頃；"維德里奇" 国营农場为 16.6 公担/公頃；"社会主义胜利"国营农場为 14.6 公担/公頃；波維湟茨基試驗站为 9.1 公担/公頃；布罗夫試驗点(烏克兰共和国)为 9 公担/公頃；莫斯科沼澤地試驗站为 20.6 公担/公頃。

燕麦 試驗証明，所有白燕麦品种对施用黃鉄矿渣都有反应，但比春小麦的反应稍差一些。例如，每公頃施用 500 公斤黃鉄矿渣时，燕麦的增产量如下："社会主义胜利" 国营农場——11.3 公担/公頃；"火焰"国营农場——12.1 公担/公頃；"白俄罗斯共和国十周年"国营农場——2.6 公担/公頃。其他試驗站的增产量也相差不多。

黍 黍对施用黃鉄矿渣有良好的反应。在"莫尔馬里"国营农場每公頃施用 60 公斤磷酸和 120 公斤氧化鉀时，黍的产量为 43.5 公担/公頃，如另外再施用黃鉄矿渣 5 公担/公頃，則产量为 49.3 公担/公頃。在列契茨区斯大林集体农庄由于施用黃鉄矿渣，使黍每公頃增产 8.4 公担，"維德里奇"国营农場的增产量則为 9.5 公担/公頃。

冬小麦 冬小麦对施用銅肥有很強的反应。例如，在明斯克沼澤地試驗站每公頃施用黃鉄矿渣 600 公斤，冬小麦每公頃即增产 11.3 公担。

銅肥的类型及施用量 在我們的試驗中曾研究了黃鉄矿渣的施用量——每公頃由 150 公斤至 1,200 公斤。根据研究結果可以确定，每公頃施用黃鉄矿渣 500 公斤是足夠的。在許多沼澤地，尤其是灰分較高和含有大量銅的土壤，每公頃只需要施用黃鉄矿渣 250—300

公斤或硫酸銅 10—12 公斤。

为了提高黃鉄矿渣的效果，必需适时地施用这种肥料。对春性作物来說，应在秋耕时或早春播种前 15—25 日内施用黃鉄矿渣。

在 1934 年春季每公頃施用黃鉄矿渣 500 公斤时，二稜大麦的产量为 24.5 公担/公頃，而在同年秋季施用时，产量为 27.8 公担/公頃。

与播种当天施用黃鉄矿渣相比較，播种前 7 日給春小麦施用同样数量的黃鉄矿渣，增产 28.4%，而在播种前 15 日施用的，則增产 35.8%。

黃鉄矿渣的效果与硫酸銅大致相同。这从表 1 所列的試驗結果就可以看出来。試驗中施用硫酸銅和黃鉄矿渣的大麦产量几乎完全一样。因此，可以按照上述用量随意选用这两种肥料中的任何一种来施用。

表 1　含銅肥料对大麦产量的影响*（以 PK 为底肥）

試驗处理	沼泽地試驗站			試驗基点		
	莫斯科	基洛夫	波維涅茨	布洛夫	别尔霍夫	諾夫格洛德
	大麦产量（公担/公頃）					
对照	0.8	13.4	5.2	8.8	23.3	25.5
硫酸銅，25 公斤/公頃	21.3	25.8	12.5	18.3	24.1	26.6
黃鉄矿渣，600 公斤/公頃	21.4	26.7	14.3	17.8	23.6	24.9

*含銅肥料的試驗是在以磷鉀肥为底肥的基础上进行的，施用量 P_2O_5 为 45—60 公斤/公頃，K_2O 为 60—90 公斤/公頃。

在不同沼澤土壤上銅肥对谷物产量的影响　在不同沼澤地上銅肥对谷类作物的产量也有不同的作用。在某些类型的沼澤地上，銅肥的作用可能很大，而在另一些类型的沼澤地上，則可能作用不大；在某些土壤变种內，銅肥对产量根本沒有影响，但子实品質却由于施用銅肥而得到改善。甚至在同一沼澤土，但地块不同时，銅肥对产量的影响也不一样。例如，在明斯克沼澤地試驗站的三块地上，二稜大麦

产量就不一样。第一块地含氮层的泥炭含有苔草、灰苏草和羊胡子草各30%，其他成份有10%；第二块地的泥炭含有苔草殘体 55%、羊胡子草殘体 15% 和其他殘余物 30%；第三块地含苔草 50%，羊胡子草 20%，其他成份 30%。在上述三块地上，二稜大麥的产量如表 2 所示。

表 2 在不同沼澤土上含銅肥料对大麥产量的影响

試驗处理	地块		
	第一号	第二号	第三号
	产量(公担/公頃)		
PK ………… ……	24.5	11.4	21.9
PK＋黃鉄矿渣…	25.5	24.5	31.3

在第二块地，銅肥对谷物产量的作用較为显著，这块地的泥炭基本上是由苔草組成，灰苏草只占5%。在第一块地的泥炭里發現許多灰苏草的殘体，在第二块地的泥炭中未发現灰苏草，第三块地只有 5%。然而，泥炭层里有苔草或灰苏草不能認为是該种沼澤地上的植物需要銅素的标志。在基洛夫湿草原沼澤地試驗站的森林沼澤地上，給春小麦和大麦施用黃鉄矿渣已产生了很大的效果。在耕作层含有下列植物成份的泥炭的沼泽地施用銅肥时，对谷物产量的增加产生了作用：灰苏草–蘆草，蘆草–灰苏草–苔草。

在莫斯科沼澤地試驗站的苔草–灰苏草变种沼澤地上，由于施用黃鉄矿渣而使大麥的产量有所增加。在湿草原沼澤地和樺树–苔草–羊胡子草–草丘沼澤地上，施用銅肥並未使大麦增产。

在亚鉄–碳酸盐沼澤土上，施用銅肥的效果如表 3 所示。

在上述类型的沼澤土上，施用黃鉄矿渣可以提高所有作物的产量。而在不施銅肥的地段上，大麦、春小麦和燕麦的植株都死亡了；但这种沼澤土上的冬黑麦却得到了收成，因为这种作物对施在土壤中的銅肥反应是比較弱的。根据現有的試驗材料，目前尚难肯定沼澤土不同类型之間的关系、其植物成份和化学成份之間的关系、以及植物对銅素需要情况和銅肥效果之間的关系。凡是在泥炭里含銅极少的沼澤土上，銅肥对許多作物的产量都有很大的影响。如果泥炭

內含有足夠的能被植物吸收的銅，則施用銅肥的效果就比較低。

表 3 在亞鉄-碳酸盐沼澤土上施用黃鉄矿渣的作用

試驗处理	作物和品种			
	大麥 維茨基 *1163*	燕麥 比薩列瓦	春小麥 諾維卡	冬黑麥
	产量(公担/公頃)			
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 90 公斤/公頃(底肥)……………	无	无	无	12.5
底肥+黃鉄矿渣，1,000公斤/公頃…	15.4	10.3	6.2	18.7

因此，不仅是了解泥炭中的总含銅量很重要，而且了解其中有多少銅能被植物吸收也是相当重要的。在儲銅量不同的沼澤地上，銅肥的作用是不同的。必需考慮到，植物所能吸收的銅量和植物在一定发育阶段上的营养状况及水分条件都会对銅肥的作用发生影响。在含銅量一样的各种泥炭土中，銅肥的作用将因营养状况和土壤状况而有所不同。不同农作物，甚至同一种农作物的不同品种，对施到土中的銅肥也有不同的反应。例如，二稜大麦的品种对所施用的銅肥有很強的反应。显然，作物对銅肥的感应性不同是由于植物根系吸收力的差異所引起的。在大部分低位沼澤地上，給感应性較強的作物(春小麦、大麦、蕁麻等)施用銅肥要比給反应較弱的作物(冬黑麦)施用銅肥有效得多。研究結果和在集体农庄的田間大面积实地驗証的結果可以确定，在大部分未施銅肥的沼澤地上不能使禾本科作物的籽粒达到丰产。凡是未施用銅肥的集体农庄，籽实的产量都很低，或者植株完全死亡。在泥炭土上未施用黃鉄矿渣时，各集体农庄栽培春小麦、大麦的嘗試始終沒有成功。

在許多排水的沼澤地上栽培谷类作物，特别是栽培大麦和小麦从未成功的主要原因之一，是植物缺銅。为了消除这个缺点，必需在土壤內施用銅肥。

泥炭中缺銅时，植物即不能正常发育。植物的缺銅症状起初是突然发白和叶尖干枯，植株为淡綠色，大量分蘖，以后圓錐花序（燕麦）和穗状花序（其他禾本科植物）即不能自叶鞘抽出，結果整个茎稈（尤其是大麦和小麦）逐漸枯死。在土壤中施用硫酸銅或其他銅肥，可以消除上述現象。不是所有谷类作物都同样对施在土中的銅肥发生反应的，对銅肥反应最強的作物是春小麦、冬小麦、大麦、黍和白燕麦。

茴麻 我們在1938—1940年和1950、1951年所作的試驗証明，在泥炭土上所研究的各种作物中，茴麻对施用銅肥的反应最大。例如，在魯捷区“社会主义灯塔”集体农庄的苔草-泥沼型泥炭的沼澤地上，不施銅肥的牧草生长得尚能令人滿意，大麻、甜菜、箭筈豌豆混播燕麦、甘蓝以至谷类作物的产量都不太高，而不施硫酸銅的茴麻則生长得很坏，到开始收获时，株高只有50—60厘米；同时缺株情况也很严重，以至收获时活的植株很少。

1951年在“社会主义灯塔”集体农庄每公頃施用过磷酸鈣3.5公担和氯化鉀2.75公担时，茴麻稈的产量为32.6公担/公頃，而每公頃再額外增施硫酸銅10公斤时，則麻稈的产量平均为114.0公担/公頃。瓦西列維奇区莫洛托夫集体农庄在6年前曾施过黃鉄矿渣的田块上，每公頃又施用10公斤硫酸銅，使茴麻稈的产量增加了25.2%，也就是說从PK的47.6公担/公頃增至PK+銅的59.6公担/公頃。在“社会主义灯塔”集体农庄每公頃施用黃鉄矿渣250公斤时，茴麻稈的产量由PK的26.2公担/公頃增加到PK+銅的65.5公担/公頃，即增加了149.5%，而在每公頃施用黃鉄矿渣500公斤时，麻稈的产量即增至81.7公担/公頃或增产211.4%。在莫洛托夫集体农庄施用磷鉀肥时，麻稈产量为55公担/公頃，而以磷鉀肥为底肥、每公頃再施用250公斤黃鉄矿渣时，麻稈的产量則为75.4公担/公頃，也就是說增产37.2%。在以前曾施过銅肥的田块上，也获得相似的增产量。

应該指出，过晚施用銅肥会大大降低肥效。显然，苘麻在幼龄时更迫切需要銅。因此，播种前很早就施用銅肥可以产生最好的結果，同时施用銅肥的效果也較高。

表 4 銅肥对苘麻产量的影响

試驗处理	干茎产量(公担/公頃)
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 150 公斤/公頃(底肥)…………	植株死亡
底肥 + 硫酸銅，25 公斤/公頃…………	50.5
底肥 + 黃鉄矿渣，600 公斤/公頃…………	47.0

在我們 1938 年的試驗中，曾于布良省布拉索夫区的一个集体农庄內給湼魯斯河河灘地上的弱盐漬沼澤土（它与第一块地有很大不同）施用了銅肥，結果也获得同样的效果。仅施用氮磷鉀肥，不能使苘麻植株发育得很好，到开始收获时就死亡了。而以磷鉀肥为底肥再施用銅肥时，則苘麻稈的产量尙能令人滿意。

在施用銅肥时，苘麻植株发育正常。而不施銅肥的試驗小区，出土幼苗生长得很弱，刚刚达到 50 厘米高时卽开始干縮；到 9 月底，植株就死亡了。在这种类型的沼澤地上施用銅肥的效果很大。应該指出，在这种沼澤地不施銅肥的地块上，大麻和某些其他作物的产量尙能令人滿意。但苘麻是对施用銅肥极其敏感的一种作物。在泥炭土上不給苘麻施用銅肥，就不能得到收成。因此，栽培苘麻时，除了施用磷鉀肥作底肥外，还必需施用銅肥。最好是每公頃施用硫酸銅 25 公斤或黃鉄矿渣 500 公斤，並且每隔 5 年施用一次。在灰分較高和泥炭含銅量較高的沼澤地上，銅的作用不太明显，此时銅肥的施用量可減半。在草田輪作中指定播种苘麻的田块上，必需在秋季或春季播种前 2—3 星期內施下銅肥。

施用銅肥是提高苘麻产量和改进其纖維品質的最重要的基本措施。因此，給苘麻施用銅肥应当成为必不可少的措施。

大麻 我們在几年期間研究了銅和硼对栽培在泥炭土上的大麻

产量和纖維品質的作用。在馬尔英灰苏草–苔草沼澤地上(低窪多林地帶)，施用銅肥可以显著提高大痲淨纖維的产量及其品質。1935年以前有人認为：大痲对施用銅肥沒有反应。在波列斯沼澤地上所作的試驗証明，銅肥对大痲纖維的产量和品質有很大的影响。仅施用磷鉀肥时，纖維的品質很低。

过去所以不能在排水的沼澤地上种植大痲的原因，主要是因为在这种土地上大痲纖維的品質不佳。能否把大痲的栽培扩展到泥炭土地区，要看这些地区是否能使其纖維品質得到改善。因此，在泥炭土上，改进纖維品質是具有头等重要意义的問題。我們所作的試驗說明，在高度农业技术的基础上施用黃鉄矿渣，可以保証获得优良品質的大痲纖維。

在“白俄罗斯共和国十周年”国营农場的沼澤地（低窪多林地帶)上，黃鉄矿渣对大痲纖維的产量和品質的影响极其显著。現将1935—1937年关于黃鉄矿渣不同施用量的試驗結果列举出来；黃鉄矿渣是在1935年的春季施用的，而于后两年研究它的作用(表5)。

表5　不同施用量的黃鉄矿渣对大痲纖維产量和品質的影响

試驗处理	纖維产量(公担/公頃)		纖維韌度	淨纖維号数
	淨纖維	总产量		
P_2O_5, 60公斤/公頃 + K_2O, 120公斤/公頃(底肥)	2.1	5.5	12.3	5.3
底肥 + 黃鉄矿渣：				
400公斤/公頃	7.8	13.3	19.0	6.5
600公斤/公頃	9.2	14.3	24.3	7.2
900公斤/公頃	8.8	12.8	24.1	6.7

在上述試驗中，黃鉄矿渣有很大的效果：以磷鉀为底肥再施用黃鉄矿渣时，与对照相比，纖維的总量增加了1.6倍，淨纖維增加了2.7—3.4倍，纖維韌度提高了1倍。施用量不同时，纖維产量之間的差異並不大；但以每公頃施用600公斤黃鉄矿渣的处理結果最好。把

施用量增加到 900 公斤/公頃並不合算。在另一个施用 1,200 公斤/公頃黃鉄矿渣的試驗中,效果与施用 500 公斤/公頃时大致相同。因此,每公頃給大麻施用 500—600 公斤黃鉄矿渣是足夠的。在上述施用量下,黃鉄矿渣的后作用可持續 3—4 年。在我們的試驗中,連播了三年大麻,但施用黃鉄矿渣后的第二和第三年的大麻纖維产量要比施用当年的产量高得多。黃鉄矿渣、磷肥和鉀肥是在 1935 年春季播施下的,而在 1936—1937 年繼續研究它們对纖維产量和品質的影响。磷鉀肥每年都施用。試驗結果如表 6 所示。

表 6 銅肥的后作用对大麻纖維产量和品質的影响

試驗处理	年份	纖維产量(公担/公頃)		纖維韌度
		淨纖維	总产量	
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 120 公斤/公頃(底肥)……	1935	2.0	5.7	9.9
底肥 + 黃鉄矿渣, 600 公斤/公頃(春季施用)	1935	6.4	11.6	20.2
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 120 公斤/公頃(底肥)……	1936	1.5	5.6	15.8
底肥 + 黃鉄矿渣, 600 公斤/公頃(施后第二年的作用)……	1936	10.9	17.4	23.0
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 120 公斤/公頃(底肥)……	1937	2.7	5.2	11.1
底肥 + 黃鉄矿渣, 600 公斤/公頃(施后第三年的作用)……	1937	10.8	13.8	29.6

試驗結果表明,在施用黃鉄矿渣后的第二和第三年,淨纖維的产量提高了 69%,纖維韌度亦有显著提高。纖維的总产量也高于施用黃鉄矿渣当年的产量。施用黃鉄矿渣后的第三年,淨纖維的产量和纖維韌度最高。在这块地上,施用黃鉄矿渣后的第四和第五年,对牧草(猫尾草)的产量仍有后作用。凡施用黃鉄矿渣的試驗小区,牧草都发育得很茁壮,产量也很高;而不施黃鉄矿渣的則生长得較差。

根据上述关于黃鉄矿渣对作物产量的影响及其作用持續期的試驗材料;我們建議每 4—5 年施用一次黃鉄矿渣,即每一輪作周期內

施用二次，每次施用量为 500 公斤/公頃。但是为了更好地利用銅肥，必須在配置有对銅肥反应較強的作物——如春性谷类作物（大麦和小麦等）和經济作物（大麻、橡胶草、蓖麻、油料作物）的輪作周期中施用。此时，銅肥的作用在施后 3—4 年內卽能显著地影响这些作物的产量。

为了研究黃鉄矿渣和硫酸銅对大麻纖維品質的影响，我們曾进行了专門的試驗。試驗結果見表 7。

表 7 硫酸銅和黃鉄矿渣对大麻纖維产量及品質的影响

試驗处理	沼泽地类型和泥炭种类	纖維产量(公担/公頃)		纖維韌度	淨纖維号数
		淨纖維	总产量		
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 150 公斤/公頃（底肥）······	低位沼泽地，灰苏草-苔草泥炭	4.6	9.4	13.6	6.5
底肥+黃鉄矿渣，500 公斤/公頃		10.5	15.2	22.9	8.0
底肥+硫酸銅，25 公斤/公頃···		11.8	16.1	22.4	8.0
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 120 公斤/公頃（底肥）······	低位沼泽地，灰苏草-苔草-蘆草泥炭	3.9	8.7	5.8	4.0
底肥+黃鉄矿渣，600 公斤/公頃		10.1	13.4	21.7	6.5
底肥+硫酸銅，25 公斤/公頃···		10.9	13.3	22.2	6.5

施用硫酸銅对淨纖維产量提高的程度与施用黃鉄矿渣是一样的。这两种銅肥的作用相同說明，对纖維品質能发生良好影响的正是黃鉄矿渣中所含的銅，而不是其他化学元素（鉄、鈣、鎂）。在苔草-灰苏草泥炭和苔草-灰苏草-蘆草泥炭的沼澤地上，关于硫酸銅和黃鉄矿渣对大麻纖維产量影响的比較研究，获得了几乎相同的結果。在上述土壤上，每公頃施用 500 公斤黃鉄矿渣或 25 公斤硫酸銅时，所得結果是一样的。因此，这两种肥料的作用大致相同，可以互相代替。黃鉄矿渣虽然也含有許多其他化学物質，然而只有銅素能影响大麻的产量。硫酸銅是施用粉状的，其細碎程度与普通粉末一样。

因此，在施用时，可以使用上述任何一种銅肥，但施用量要按上

述用量施用，即施用硫酸銅时，每公頃是 25 公斤，而施用黃鉄矿渣时，每公頃为 500 公斤。

黃鉄矿渣可以在秋季或在春季播种大麻前 2—3 星期与磷鉀肥同时施用。这些肥料必需在混合后馬上施下；混合肥料不得放置一天以上。黃鉄矿渣最好是在秋季施下。适时施用黃鉄矿渣，其中所含的銅盐能对泥炭土耕作层內的微生物区系和大麻产量发生良好的影响。

在微量元素肥料中，硼肥是很受注意的一种。这种肥料在提高大麻产量上，比黃鉄矿渣稍差一些，但它仍然能使大麻纖維的产量显著提高，並使纖維品質得到改进(表 8)。

表 8 硼和銅对大麻纖維产量及品質的影响

試驗处理	纖維产量(公担/公頃)		纖維韌度	淨纖維号数
	淨纖維	总产量		
P_2O_5, 60 公斤/公頃 + K_2O, 150 公斤/公頃(底肥)	6.3	10.8	18.6	7
底肥+硼渣 20 公斤/公頃……	10.5	16.6	25.0	7
40 公斤/公頃 ……	8.0	12.5	20.4	7
40 公斤/公頃+黃鉄矿渣,600 公斤/公頃	14.2	20.2	26.9	7.5

每公頃施用硼渣 20 公斤可以产生良好的結果。把每公頃硼渣的施用量增至 40 公斤，則能降低大麻纖維的产量和品質。硼渣和黃鉄矿渣混合施用可以提高大麻纖維的产量和品質。在許多其他試驗中，硼肥也都对大麻纖維产量产生了良好的影响，但是硼肥的作用比銅肥要弱得多。

根据这一点可以作出結論說，在灰苏草-苔草-蘆草泥炭的沼澤地上，以磷、鉀、銅肥为底肥时，施用硼肥也很有利。硼渣最合适的用量，每公頃应为 20 公斤。沒有硼渣时，可以用硼酸（每公頃 3 公斤）或硼砂(每公頃 8 公斤)来代替。

橡胶草　我們研究銅肥对橡胶草块根产量和胶乳集积的影响的試驗，是在下列几种其泥炭的植物成份和化学成份都不相同的沼澤地上进行的：即魯捷区“社会主义灯塔”集体农庄的苔草-泥沼型沼澤地、斯达罗多罗什区“伊里奇之路”集体农庄的草类-苔草沼澤地、灰苏草-樺树-苔草沼澤地（科馬罗夫沼澤地）和罗加切夫区“十月革命十三周年”集体农庄的含磷丰富的沼澤地。这几种沼澤地內的泥炭都分解得很好。

在上述沼澤地上，硼、銅和鋅肥的作用都不相同。以磷（90公斤/公頃 P_2O_5）和鉀（120公斤/公頃 K_2O）为底肥时，施用上述微量元素肥料可以显著提高产量。在“社会主义灯塔”集体农庄施用銅肥和硼肥的效果最大。在其他沼澤地上，銅、硼和鋅所表現的作用就比在該集体农庄內差一些。兹将1946—1949年的試驗結果列于表9。

表9　微量元素肥料对橡膠草产量的影响

試驗处理	“社会主义灯塔”集体农庄		“伊里奇之路”集体农庄		明斯克沼澤地試驗站	
	块根的产量					
	公担/公頃	%	公担/公頃	%	公担/公頃	%
PK（底肥）……	41.5	100	31.7	100	56.2	100
底肥＋硫酸銅，25公斤/公頃	55.2	133	33.3	105	64.3	114
底肥＋硼酸，3公斤/公頃…	60.0	144	34.7	109	63.8	113
底肥＋硫酸鋅：						
5公斤/公頃……	51.1	123	34.8	110	61.7	110
15公斤/公頃……	46.0	111	37.8	119	62.8	112
30公斤/公頃……	44.4	107	38.2	120	57.4	102

在所採用的微量元素肥料中，以“社会主义灯塔”集体农庄的沼澤地和明斯克沼澤地試驗站的沼澤地（科馬罗夫沼澤地）施用銅、硼肥后块根的产量最高。这几种肥料的作用在某些土壤上表現得比較強，而在另一些土壤上則表現得比較弱。在“社会主义灯塔”和“伊里

奇之路"集体农庄內,施用硫酸鋅使橡胶草的块根有很大的增产。施用銅、硼肥料的效果也相当高。在大部分沼澤地上,这几种微量元素肥料都能使橡胶草的块根增产,因此,建議在泥炭土上广泛的使用这些肥料。使用銅肥和硼肥,能保証进一步提高橡胶草的产量。在苔草-泥沼型泥炭的沼澤土上,施用銅肥的效果最大。这些肥料必需在播种橡胶草前很早就施用,並且仔細地用土盖好。橡胶草可以列入輪作中,每四年施用一次銅肥,因为在这几年里,銅肥的作用还相当強。如果橡胶草的前作在最近 3—4 年內未施銅肥,那末最好直接給橡胶草施用銅肥。

硫酸鋅对提高橡胶草产量的作用,比銅肥要差一些。因此,应当在那些排水的、肥效显著的泥炭土上施用鋅肥。在"伊里奇之路"和"社会主义灯塔"集体农庄的沼澤地上,鋅肥的效果都很显著。应当指出,在"伊里奇之路"集体农庄施用鋅肥效果較高的沼澤地上,将硫酸鋅的施用量提高到每公頃 15 和 30 公斤仍然有效。显然,上述沼澤地的泥炭中,含鋅量要比其他沼澤地的泥炭中少一些,因此,植

表 10 硼和銅对橡膠草产量的影响

試驗处理	"十月革命十三周年"集体农庄		"五年計划的保証"国營农場	
	块根产量			
	公担/公頃	%	公担/公頃	%
P_2O_5, 90 公斤/公頃 + K_2O, 120 公斤/公頃(底肥)…………	51.1	100	39.3	100
底肥 + 硼:				
1 公斤/公頃…………	56.0	110	55.0	140
2 公斤/公頃…………	54.4	106	53.6	136
3 公斤/公頃…………	63.8	125	50.5	128
底肥 + 黃鉄矿渣:				
500 公斤/公頃…………	66.9	131	59.2	151
500 公斤/公頃+硼, 2 公斤/公頃	82.6	160	68.0	173

物对施用量較高的硫酸鋅有良好的反应。

1939 年在"十月革命十三周年"集体农庄和"五年計划的保証"国营农場的沼澤地上所作的試驗中，施用銅肥和硼肥（硼酸）的效果很大。在上述国营农場，使用銅肥和硼肥的增产量相当高（表 10）。

在"五年計划的保証"国营农場，硼的作用比較显著，同时以每公頃施用 1 公斤硼的結果最好。每公頃施用 2 公斤硼时，橡胶草块根的产量並未增加。将硼的用量由每公頃 1—2 公斤增加到 3 公斤时，該国营农場橡胶草块根的产量則降低 11%。

在"十月革命十三周年"集体农庄，每公頃施用 3 公斤硼时，橡胶草块根的增产量最多。必須指出，硼的用量过多时，会对橡胶草的生长与发育发生抑制作用。在上述国营农場和集体农庄的沼澤地上，施用黄鉄矿渣的效果都很高。施用黄鉄矿渣可以使产量显著增加。銅肥和硼肥共同施用时，橡胶草块根的产量增加得最多。

在上述农庄和农場的沼澤地上使用这两种微量元素肥料，可以使橡胶草块根的产量提高 73%，使种子产量增加 22%。因此，以磷、鉀肥为底肥时，施用銅肥和硼肥是提高橡胶草单位面积产量的主要措施之一。

在"社会主义灯塔"集体农庄所作的硼、鎂肥試驗中，使橡胶草块根的产量增加了很多。例如，每公頃施用 P_2O_5 9 公斤+K_2O 120 公斤时，橡胶草块根的产量每公頃为 57.6 公担，而当每公頃加施 40 公斤硼渣时，則每公頃的产量为 84.5 公担。有 15 个集体农庄在橡胶草的生产田上大面积施用了硼鎂肥料。結果，在这些生产試驗中均由于施用硼鎂肥料而增产 20—47%。在"社会主义灯塔"集体农庄配合其他措施使用硼渣时，虽然有 2.5 公頃的橡胶草受到叩头虫的严重为害，但有 10 公頃的平均产量仍达 44.8 公担。在其他沼澤地上使用硼鎂肥料也得到很大效果。但是，在苔草–泥沼型的沼澤地上，橡胶草的增产量最多。

硼鎂肥料应当在早春施下，並同时在土壤内施用磷、鉀肥。施下

硼镁肥料后，要用圆盘耙将其仔細地埋入土中。

除大田試驗外，我們也进行了盆栽試驗，試驗中研究了这几种微量元素肥料对橡膠草产量的影响。供試驗用的泥炭是取自明斯克沼澤地試驗站森林禁伐区的处女地上。在盆栽試驗中，橡膠草的产量比大田試驗的还要高（表11）。

表 11 微量元素肥料对橡膠草产量的影响（盆栽試驗）（底肥为 NPK）

試驗处理*	1946—1948 年块根的产量	
	每盆克重	%
对照	39.3	100
Cu	57.4	146
B_1	45.3	115
B_2	59.4	151
B_3	35.0	89
Zn_1	51.4	131
Zn_2	44.2	112
Zn_3	48.8	124
Zn_4	44.0	112

*銅肥是硫酸銅，硼肥是硼酸；以 B_1、B_2、B_3 表示硼的不同用量。鋅肥是硫酸鋅；以 Zn_1、Zn_2、Zn_3、Zn_4 表示鋅的不同用量。

从表內資料可以看出，在尙未施过銅、硼、鋅等化学元素的初墾泥炭土上，橡膠草对施用上述元素特別敏感。同时这些試驗还确定，微量元素肥料使用量可以决定橡膠草的生长与发育。如上述微量元素肥料施用量合适，則能产生良好的結果，但使用量过多时，不仅不能提高产量，甚至可以降低橡膠草的产量。在盆栽試驗中，凡盆內装有未耕种过的泥炭（生荒土）时，施用銅和硼的效果都很大。

使用大量鋅並未使橡膠草的产量显著降低。在泥炭土上，这种作物对施用大量鋅反应較弱。但确定硼和鋅在泥炭土上最合适的用量，对获得橡膠草的高产量仍具有重大的意义。大量使用微量元素肥料，会抑制橡膠草的生长与发育，並降低其产量。

銅、硼和鋅肥对积累膠乳及膠乳产量的影响 根据 1946—1951 年在不同沼澤地上所作的試驗，已确定了銅肥对增加橡膠草的产量和提高其块根內膠乳含量的效果。在施用銅肥的影响下，橡膠草植株发育得很好，物候期也提前了，根部膠乳的积累增加了 0.5—2.5%。

銅肥对增加膠乳产量的作用是不同的——在某些沼澤地上其作用比較显著，而在另一些沼澤地上则比較小。1944 年和 1948 年我們在明斯克沼澤地試驗站所作的試驗中，从1公頃土地上所获得的橡膠产量如下(表 12)。

表 12 銅肥对增加膠乳产量的作用

試驗处理	块根产量 %	膠乳产量(公斤/公頃)		
		1946 年	1948 年	2 年平均
P_2O_5, 90公斤/公頃＋ K_2O, 120 公斤/公頃(底肥)……	100	142	89	115
底肥＋硫酸銅, 25 公斤/公頃……	138	199	122	160

在明斯克沼澤地試驗站的泥炭土上，在不同地段上，銅肥的作用也不一样，但均比其他沼澤地上的弱一些。不过，在施用硫酸銅时，两年平均的膠乳产量则增加了 37.7%。銅对增加膠乳的积累量有很大的作用。施用銅肥可以大大提高膠乳的产量。在其他沼澤地上所作的試驗也証实了这一点。1949 年，我們在"社会主义灯塔"集体农庄的沼澤地上所进行的試驗中，給以前未施过銅肥的地段施用銅肥后，对橡膠草块根內积累膠乳发生很大的影响(表 13)。

表 13 銅对橡膠草产量和膠乳产量的影响

試驗处理	块根产量 (公担/公頃)	膠乳产量		根內的膠乳含量（占干物質重量的百分数）
		公斤/公頃	%	
P_2O_5, 90 公斤/公頃＋ K_2O, 120 公斤/公頃(底肥)……	49.5	112.6	100	6.5
底肥＋硫酸銅, 25 公斤/公頃……	68.0	195.2	173	8.2

使用硫酸銅的效果很大。它可以使每公頃产量中膠乳的产量增加 73%。1950 年，我們在同一块沼澤地的其他地块上获得了与上述試驗中相同的膠乳增产量。在該試驗中，銅肥有单独施用的，也有同其他微量元素肥料混合施用的(表 14)。

表 14　微量元素肥料对橡膠草产量的影响

試驗处理	块根产量 公担/公頃	膠乳产量		根內的膠乳含量（占干物質重量的百分数）
		公斤/公頃	%	
P_2O_5, 90公斤/公頃＋K_2O, 120公斤/公頃(底肥)……	56.8	149.1	100	7.5
底肥＋黃鉄矿渣……	72.9	206.5	138	8.1
底肥＋硫酸銅……	77.9	261.6	175	9.6
底肥＋硫酸銅＋硼鎂肥料……	78.7	256.0	172	9.3
底肥＋硫酸銅＋硫酸鋅……	74.8	225.4	151	8.6
底肥＋硫酸銅＋硼鎂肥料＋硫酸鋅	70.3	214.7	151	8.7

施用銅肥，特别是硫酸銅，可以使每公頃膠乳的产量增加 112.5 公斤。施用黃鉄矿渣时，膠乳的增产量則較为少一些——每公頃 57.4 公斤。

在施用黃鉄矿渣时，也同时施入大量的鉄，显然，它对积累膠乳

表 15　微量元素肥料对橡膠草块根內膠乳含量的影响

試驗处理	明斯克沼泽地試驗站			“社会主义灯塔”集体农庄
	施用年份 (1946)	施用年份 (1948)	后作用 (1948)	施用年份 (1948)
	膠乳含量（占干物質重量的百分数）			
P_2O_5, 90公斤/公頃＋K_2O, 120公斤/公頃（底肥）……	6.5	6.0	4.3	7.7
底肥＋硼酸，3公斤/公頃……	7.3	8.7	8.8	—
底肥＋硫酸鋅：				
5公斤/公頃……	8.0	7.2	6.8	8.1
15公斤/公頃……	6.2	—	6.3	8.8
30公斤/公頃……	6.8	7.2	7.0	—
底肥＋硫酸銅，25公斤/公頃……	6.9	7.6	—	—

有一些影响。将銅肥与硼或鋅共同施用时，同单施硫酸銅比較起来膠乳的产量並沒有增加。由此可見，施用銅肥即可大大提高膠乳的产量——提高 37—75%。

施用銅肥是增加膠乳产量最重要的农业措施，因此，集体农庄应当堅决地使用它。

我們建議在秋季給橡膠草施用銅肥，同时在施下这种肥料后的头三年中，輪作中应該包括有橡膠草。因为此时銅的作用最大。

在其他試驗中，微量元素肥料也大大地提高了橡膠草块根的膠乳含量。現将分析資料列于表 15。

在明斯克沼澤地試驗站的不同地块上，施用銅、硼和鋅均能大大提高橡膠草块根內膠乳的积累量。在施用硼和鋅后的第二年，膠乳积累得特別多。硫酸銅对积累膠乳的影响有时比較弱（1946 年），有时就比較強（1948 年）。

在"社会主义灯塔"集体农庄，施用鋅后，使橡膠草块根內膠乳的含量增加了。施用銅、硼和鋅均能提高其根內膠乳的含量。現将盆栽橡膠草块根內膠乳含量的测定結果列于表 16。

表 16 微量元素肥料对橡膠草块根膠乳含量的影响（底肥为 NPK）

試驗处理	1946 年	1948 年
	膠乳含量（占干物質重量的百分数）	
对照	4.0	5.1
B_1	5.8	6.3
B_2	4.4	5.7
B_3	3.0	6.0
Zn_1	4.3	6.6
Zn_2	5.2	7.0
Zn_3	3.4	7.4
Zn_4	5.5	6.6
Cu_1	6.0	6.4
Cu_2	—	7.5
Cu_3	—	5.6
Mn_1	—	6.3
Mn_2	—	6.8
Mn_3	—	5.5

盆栽試驗也和大田試驗一样，銅、硼和鋅的用量适当时，橡膠草块根內膠乳含量都提高了。根据一年的資料，施用錳也能提高橡膠草块根內的膠乳含量。

从上述大田試驗和盆栽試驗来看，銅肥、硼肥和鋅肥均有很大的

效果，施用这些肥料时，不仅对块根的产量有良好的影响，而且对积累膠乳也有同样的作用。

表 17　銅肥对牧草种子产量的影响

牧　草	PK	PK + 黃鉄矿渣 (1938 年施用)
	牧草种子产量(公担/公頃)	
猫尾草……	3.8	6.6—7.9
狐茅草……	3.2	4.3—4.9
草原莓繫…	2.8	3.2—3.8

留种牧草　施用銅肥，特别是黃鉄矿渣，对禾本科牧草的种子产量有良好的影响。在战前和战后所作的銅肥試驗中，牧草种子的增产量都很高（增产 20—50%）。例如，在 H. K. 謝尔吉也夫斯基 1939 年的試驗中，种子的产量如左(表 17)。

由此可見，黃鉄矿渣可以显著增加种子的产量：猫尾草增加了 74—104%，狐茅草增加了 35—52%，草原莓繫增加了 12—39%。同时，1939年的試驗也証明，黃鉄矿渣可以加速禾本科牧草植株的发育和改变其生物的构成情况。如种子产量同干物質总量的比例、种子重量同莓繫植株重量的比例、以及每个花序的种子重量，施用黃鉄矿渣的均大于不施用黃鉄矿渣的。

1939 年，H. K. 謝尔吉也夫斯基在斯大林集体农庄所作的試驗中，施用銅肥后，牧草生殖枝的数目增加了 1—2 倍。因而使猫尾草种子的产量也增加了，如对照地每公頃为 3.79 公担，施用銅肥的为 7.89 公担；狐茅草則分别为 3.2 公担和 4.9 公担。施用黃鉄矿渣的猫尾草、狐茅草和莓繫等种子的千粒重也都比較高。

明斯克沼澤地試驗站曾于 1938 年春季在施磷鉀肥作底肥的情况下，又在土表給留种牧草施用了黃鉄矿渣，結果使猫尾草的种子产量增加了 23%。黃鉄矿渣对牧草种子产量的影响因施用年份而有不同。例如，1937 年所施下的黃鉄矿渣能夠提高 1938 年(施后第一年)种子产量的只有个别几种牧草：即猫尾草被提高了 13.6%，紅狐茅草为 15.2%，欧蘭草为 13.8%。1939 年（黃鉄矿渣施后第二年），猫尾草种子产量增加了 19.7%。每隔 4 年施用一次黃鉄矿渣已足能

提高牧草种子的产量。

放牧用牧草　长时間以来，普遍存在着一种見解：認为在泥炭土上牧草对施用銅肥完全沒有反应或反应很小。但我們在灰苏草–苔草，主要是由苔草形成（苔草占 70—75%，蘆草占 10—15%）的泥炭沼澤地上所作的試驗中，黃鉄矿渣却使牧場內牧草的产量提高了。在上述类型的沼澤地上施用銅肥可以使大麻和商麻的种子、纖維及其他作物的产量显著增加。从植被来看，这种沼澤地是屬于草类–苔草类型。在泥炭的耕作层內含有下列元素（佔絕对干物質的百分比）：灰分 7.21%，P_2O_5 总量 0.22%，檸檬–可溶性物 0.0312%，K_2O 0.07%，CaO 1.79%，MgO 0.16%，Na_2O 0.04%，SO_3 0.45%，$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ 2.45%，N 2.36%。

在这种土壤变种內，黃鉄矿渣和硼渣均能提高牧草的产量。在人工放牧場內 1936—1937 年湿草的产量如下表（表 18）。

表 18　微量元素肥料对牧草产量的影响

試驗处理	牧草产量	
	公担/公頃	%
P_2O_5，60 公斤/公頃＋ K_2O，120 公斤/公頃（底肥）……	246.2	100
底肥＋黃鉄矿渣，500 公斤/公頃……	274.6	111
底肥＋硼渣，40 公斤/公頃……	264.9	108
底肥＋黃鉄矿渣，500 公斤/公頃＋硼渣，40 公斤/公頃……	270.3	114

使用銅、硼等微量元素肥料均收到良好的效果。应該指出，馬尔英斯基沼澤地是典型的低窪多林地帶沼澤地，如果在这种土地上給牧草施用黃鉄矿渣和硼渣有效的話，那末对銅比較敏感的作物将会对施用銅肥发生更大的反应。

由于牧草植株內混杂有大量的白車軸草，使其对牲畜的适口性大大提高（达 97.4%）。

在施用硼渣的影响下，使牧草植株的白車軸草的数量增加了，而

施用黄鉄矿渣的小区，牧草植株內猫尾草和草原苺系的数量都增加了很多。猫尾草对施用銅肥的反应特别強。施用黄鉄矿渣可以使退化的禾本科牧草的植株复壮。施用銅肥不仅可以提高牧草的产量，而且也延長了放牧場的利用期。牧草內含銅量增加毫无疑問对牲畜生产性能的提高以及它們的健康的增进都会发生良好的影响。

根据 C. A. 莫斯托娃的研究，施用銅肥可以提高青牧草維生素 C 的含量。第一次收割的牧草，其叶內維生素 C 的含量比茎的含量高 1—2 倍。栽培在施用銅肥地段上的牧草，其脂肪含量也有所增加。

根据 A. И. 霍吉科在"克利維納"国营农場泥炭分解程度較差的低位沼澤地上的試驗，黄鉄矿渣对牧草，尤其是对杂車軸草的产量有很大影响(表 19)。

表 19 銅肥对牧草产量的影响

試驗处理	干草产量(公担/公頃)	
	施用矿渣和播种牧草的当年(1935 年)	施用矿渣后第二年(1936 年第二次收割的)
P_2O_5, 60 公斤/公頃+ K_2O, 90 公斤/公頃(底肥)	10.3	50.0
底肥 + 黄鉄矿渣 450 公斤/公頃……………………	23.8	60.8

在施用黄鉄矿渣和播种牧草的当年，凡施用矿渣的小区，牧草产量均增加了 1—2 倍，施用矿渣后第二年牧草的增产量为 21%。在这种类型的沼澤地上，黄鉄矿渣的作用很大。牧草的增产量所以如此显著，是由于杂車軸草生長繁茂所致。杂車軸草植株在牧草中的数量播种当年为 55%，第二年为 44%。

由此看来，在上述沼澤地上施用黄鉄矿渣可以显著提高牧草，尤其是杂車軸草的产量。在这种沼澤地上，对銅更敏感的作物会比牧草产生更大的效果。

植物的含銅量及其对提高农作物产量的作用 銅是植物正常发育和生长所必需的元素。但是植物所吸收的銅量並不大。例如，在每公頃 120 公担大麻茎叶的干产物中，含有 73 克銅；每公頃 80 公担的燕麦干产物中含有 34 克銅；在同样数量的狐茅草产物中含有 39克銅；在同样数量的看麦娘产物中含有 24 克銅；每公頃 50 公担的猫尾草干产物中含有 50 克銅。因此，上述植物的含銅量为 0.00061 — 0.00022%。由此可以看出，从产物中所淋溶出来的銅是不多的，施用一次銅肥即可保証植物在几年內对这种元素的需要。当然，最重要的不仅是了解銅在土壤中的总含量，而且了解有多少銅能被植物吸收也相当重要。

表 20 各种植物的含銅量

植物	PK	PK+Cu
	含銅量(占干物質重量的百分数)	
春小麦留切斯前斯	0.00013	0.00030
春小麦基特切浬尔	0.00027	0.00030
燕麦黄金雨	0.00034	0.00044
大麦維雅茨基	0.00033	0.00051
飼用甜菜	0.00013	0.00030
馬鈴薯	0.00042	0.00056
烏足豆	0.00029	0.00035

C. A. 莫斯托娃的研究确定，給泥炭土施用銅肥可以增加植物吸收銅的数量。現將植物含銅量的資料列入表 20。

从表內数字可以看到，植物含銅量的变动幅度很大。各种作物含有不同数量的銅。应当指出，在仅施磷鉀肥的对照区，含銅量的变动非常大。例如，对照区內春小麦基特切浬尔植株的含銅量比小麦留切斯前斯高 1 倍；施用銅肥时，植株的含銅量是相等的，春小麦基特切浬尔植株的含銅量仅增加 11%，而春小麦留切斯前斯植株的含銅量則增加了 1 倍多。

在对照区（施用 PK），燕麦和大麦的含銅量几乎相同，而在施用銅肥（PK + Cu）时，大麦的含銅量即显著增加（达 54%），而燕麦却增加得很少（只增加 30%）。施用銅肥时，飼用甜菜的含銅量增加了 1 倍多。施用 PK 的馬鈴薯含銅量最大，而施用銅肥后其含銅量还能增加 33%。烏足豆在施用銅肥时含銅量增加了 20%。

因此，在土壤內施用銅肥可以使植物的吸銅量增加130%，而在某些作物的植株內，吸銅量比仅施磷鉀肥的植株多20—50%。

C. A. 莫斯托娃的分析发現穗状花序和圓錐花序內的含銅量最大。現將植物各种器官的含銅量列表如左(表21)。

表21 植物器官內的含銅量

植物	植物器官	PK	PK+黃鉄矿渣
		含銅量(占干物質重量的百分数)	
冬黑麥	茎	0.00022	0.00027
	花序	0.00038	0.00061
燕麥…	叶	0.00039	0.00044
	茎	0.00039	0.00051
	花序	0.00050	0.00071
猫尾草	茎	0.00033	—
	花序	0.00050	0.00084

分析結果表明，生殖器官的含銅量最大，它对生殖器官的形成有很大作用。花序的含銅量最大，施用黃鉄矿渣状态的銅可以大大增加这些器官內的含銅量。上述情况也为下列事实所証明：在集体农庄大面积生产情况下，由于施用銅肥，使植株的花序发育得茁壮，癟粒也減少，籽粒的产量和品質都有显著提高。

根据C. A. 莫斯托娃的分析，黑燕麦粒、黃瓜、馬鈴薯块茎的含銅量均比大麦(維雅茨基品种)多1—2倍；久拉布尔小麦、罌粟、芸苔、黍的含銅量最小。在大麦、白燕麦、大麻、芥菜、猫尾草和甜菜的籽粒內，每100克干物質的含銅量为0.24—0.44毫克，而黑燕麦和黃瓜的种子每100克干物質的含銅量为1.0—1.1毫克。黑燕麦的各个品种和黃瓜对施用銅肥的反应一般都不大。

在不同发育阶段內植物的含銅量也不一样。自分蘖至孕穗期間，被植物吸收的銅可以发揮最大的效果。燕麦干物質的含銅量如表22所列。

在孕穗阶段，燕麦植株的含銅量最大。此时植株吸收銅的过程也比其他阶段来得旺盛。一般来說，凡施用黃鉄矿渣的小区，植株在发育初期对銅的吸收都比較強烈，含銅量也显著增加。不施用黃鉄矿渣的小区，植株在孕穗阶段的含銅量比在其他阶段要少一些，而施

表 22 在各个发育阶段中燕麥植株(地上部分)的含銅量

燕麥发育阶段	PK	PK＋黃鉄矿渣	因施用黃鉄矿渣含銅量的增加数(%)
	占干物質重的百分数		
分蘖……	0.00025	0.00044	76
孕穗……	0.00073	0.00137	88
抽穗……	0.00039	0.00053	36
完熟……	0.00042	0.00048	14

用黃鉄矿渣后对銅的吸收則有所增加。

銅肥不仅能提高作物的产量，而且也能改進其产品品質。在泥炭土上施用銅肥所以能大大提高作物产量，是因为在这种土壤中含銅量极少的緣故。泥炭土中的含銅量比矿質土少得多。如果土壤內的总含銅量很多，並且是植物可吸收的形态时，則栽培在矿質土上的作物卽不需要施用銅肥。

如果沼澤地的土壤中含有足量的能为植物吸收的銅，那末，施用銅肥不会对作物产量发生良好的作用。这可以用下面事实来証明：在明斯克沼澤地試驗站的一块沼澤地上，每公斤泥炭土內含銅 7 毫克，施用銅肥可以显著增产；但在另一块沼澤地上，每公斤泥炭土內含銅 60 毫克，施用銅肥則沒有什么效果。泥炭土中所含的銅大部分不能被植物吸收，以致不能保証植物的正常发育。用硫酸銅噴洒植物的試驗得到了良好的結果。在泥炭土上，植物感到銅不足时卽不能正常发育，这一点也可以証实上面的情况。如果在土壤內施用銅肥，改善銅素对植物的供应情况时，植物卽生長得強壮、发育良好，並可以获得丰产。施用黃鉄矿渣，对植物吸收氮、磷、鉀、鈣和鎂等过程都有很大影响。

結　論

1. 根据上述試驗結果，在低灰分的各种低位沼澤地和与其近似的过渡型沼澤地，以及在碳酸盐沼澤地和亚鉄-碳酸盐沼澤地上，黃

鉄矿渣是一种肥效較高的肥料。已經查明，銅不仅对作物产量有良好的影响，而且对大麻纖維品質、甜菜含糖量、菸草內檸檬酸和尼古丁的积累、禾本科作物籽粒的品質也有同样的影响。在冲积成的苔草-草原沼澤地上（莫斯科省沼澤地試驗站），銅对提高农作物的产量有良好的作用，而在过渡型沼澤地上（諾夫格拉茨基試驗分站）銅对同样的农作物並沒有良好的作用。

2. 銅对植物和泥炭耕作层的微生物均能发生良好的影响。銅在提高作物产量中的作用是很大的：銅被植物吸收时即在其体內执行显然与叶綠素形成和結实有关的重要机能，並且对植物体內許多元素的积累都会产生影响，尤其是在发育早期更加明显。銅能夠加強土壤微生物区系的发育，促使植物可吸收态的养分积累起来，因而提高了土壤肥力。

3. 由于大部分沼澤地的泥炭中都缺銅，因而使栽培在这种土壤上的农作物減产、产品品質降低，特别是那些对銅敏感的作物更是如此（如春小麦、冬小麦、大麦、白燕麦、黍、蕁麻、大麻、油料作物等等）。在未施銅肥的泥炭土上栽培谷类作物时，发現它們的叶尖变白以至死亡，叶子发白，分蘗力強，出現癟粒等現象。

为了补充土壤中銅的不足，必需每隔 4—5 年在秋季或早春施用一次銅肥，施用量为每公頃 500 公斤黃鉄矿渣或 25 公斤硫酸銅。在草田輪作中，最好是給那些对銅最敏感的作物施用銅肥。施用时应均匀，並仔細地埋入土內。应当在有磷鉀肥为底肥的条件下施用銅肥。

4. 施用銅肥可以使小麦、大麦、白燕麦的籽粒产量增加 1—2 倍或更多一些，使蕁麻、大麻的纖維产量、橡膠草的产量、膠乳产量和根內膠乳的集积量显著增加，另外还可以使黍、向日葵、芥菜、豌豆、菜豆、黃花菸、糖用和飼用甜菜、飼用蕪青、牧草及其他作物的产量大大提高。此时也可以增加刈草場和放牧場牧草植株中豆科牧草的数量，提高甜菜、甘蓝的含糖量和油料作物的含油量，增加甘蓝和苜宿茎叶內維生素 C 的含量，降低橡膠草根腐病的发病率。黑燕麦、冬黑麦、

春黑麦、馬鈴薯、甘藍和黃瓜对施用銅肥的反应都不大。

5. 施用銅肥是提高泥炭土上橡膠草块根产量和膠乳含量的主要措施之一。

6. 給橡膠草施用硼鎂肥料，可以使产量显著提高。在苔草-泥沼型、苔草等沼澤地上，施用硼的效果很大。如以磷鉀肥为基肥，則每公頃必須施用 40 公斤硼鎂肥料。施用硼肥可以使橡膠草根內的膠乳含量提高 2—3%。施用硼肥是提高橡膠草产量及其根內膠乳含量的有效措施，因此建議在泥炭土上給这种作物施用硼肥。

硼肥对大麻和車軸草的产量也有良好的影响。

7. 在苔草-泥沼型沼澤地和灰苏草-苔草沼澤地上，施用硫酸鋅可以提高橡膠草的产量。同时发現施用鋅肥也能使橡膠草根內的膠乳含量有一些增加。每公頃施用 15 公斤硫酸鋅就已經足夠了。

8. 銅肥的作用可持續 4 年。

[陳业文譯 鄧鴻举校]

在泥炭土上以銅素作爲肥料來施用

M. Д. 巴 胡 林

近年来的試驗研究証明，在植物体中含有地壳組成中的全部元素。但是，对大多数元素來說，它們在植物生活中的作用尙未被确定，也就是說还未确定出植物对以这些元素作为肥料来施用的反应。关于植物体中硼、銅和錳的生理作用的問題研究得最多。

在泥炭土中施用銅肥是根据两点原理的：1）銅象营养元素一样地为植物所必需；2）在泥炭土中特别缺銅。

在地質化学中已証明的生活物質的化学組成同地壳、生物圈化学組成的关系，証明了第一个原理的正确性。

处于稀少状态的微量元素存在于土壤、土壤水、河川水和其它的水中，存在于动物和植物的有机体中。随着土壤中、植被中和动物体中（животное население）的任何一种元素含量的改变，即发生各种各样的生物学反应（全苏列宁农业科学院，1940）。例如，在含炭酸盐的砂土中植物可吸收态的銅若是不足的話，栽培在这一土壤上的作物就会发生病害，並且使在这块土地上放牧的羊患病［利西曼（Riceman），1940］。

在分析过的植株中經常发現有一定百分数的銅，並且其百分数的大小与植物的种和栽培条件有关。植物体中所积累的某些元素的量是很多的，但要測定出它們对植物正常发育所需要的数量大小来，往往在分析时不能办到。例如矽在地壳中的出現率仅次于氧而佔第二位。在植物体中积蓄着大量矽（在一些植物的灰分中矽要超过50％），但是植物对矽的需要性在試驗中尙未被証明，因为在栽培有植物的培养基中，甚至在人为的条件下都很难使培养基与微量矽的

存在隔离开。

首先要把对銅素肥料的需要与土壤中无結构土壤腐殖質的存在联系起来，这种腐殖質在湿潤状态下会粘接起来；而在干燥状态下則分离开，是很难被水浸湿的团粒。由此，把植物中銅素不足的表現取名为“耕作病”(болезнь обработки)。近年来进行了不用銅素来栽培植物的試驗，特别仔細地防止了培养基被銅素所沾染，在这种培养基中培育了植物，研究了缺銅的病徵，並由此証明了銅素和一般营养元素一样是植物所必需的，其中也包括那些在实际条件下长时間未能发現缺銅病徵的那些植物。

已确定，銅素，也象一些其它微量元素一样，是复蛋白質——生物学上很活跃的物質——所含有的。复蛋白質在植物体中是不多的，因此就决定了植物体中銅素的含量也少。氧化酶屬于复蛋白質，在氧化酶中能找到銅；氧化酶調节着植物体中醣和蛋白質的轉化作用和运行作用，並且能使植物体中的呼吸作用加強。同时还发現，銅素有防止叶綠素分解的作用。

同时用两个燕麦品种进行了植物吸收銅素的詳細試驗，試驗証明，銅是屬于幼龄植物时就能吸收的营养元素。在正常条件下植物对銅素的吸收要比有机質的积累过程来得快。在抽穗开始前銅素积累量最多。在有机質的大量积累时期(穗形成时)銅素的量就不再起变化，或者有些减少。在成熟期間銅素就从植株的其它部分进入到籽粒中去。銅素的吸收是与植物体中其它营养元素例如鉀的积累相适应的。

把这一过程繪出曲線来就象拉丁字母S。到圓錐花序开始抽出前的2—3个礼拜內这一曲線开始直線上升。这时对植物吸收銅起不良影响的所有条件：热、干旱、土壤通气等等，特別強烈地影响着产量。銅也执行着能够影响产量的其他机能，这些机能从植物对銅作为营养元素的必要性观点来看，目前还是不可理解的。

当土壤中施用銅时，銅就象能使土壤中氧化还原作用活跃化的

催化剂一样：当通气时，銅能急剧地提高氧化还原勢能，相反的，在嫌气条件下銅能急剧地降低氧化还原勢能（要估計到，在泥炭土中这些勢能的平衡是决定于不断补充的氧气流和微生物活动的还原产物的）。土壤中銅的催化作用影响着土壤中和植株中鉄的迁移率。在含有大量錳溶液的土壤中，銅能大大地提高棉花的产量。銅对泥炭土中的微生物作用也有很大的影响。

为了判明第二个原理（泥炭土中特别缺銅）的正确性，必需要研究关于土壤中銅含量的現有文献材料。

按銅的含量来說，泥炭土在各种土壤中佔着末位。曾經从灰化地区（是白俄罗斯苏維埃社会主义共和国的主要地区）的未施銅肥的各种沼澤地取来泥炭以供分析之用。当变幅从微量到 1×10^{-3} % 的情况下，44次測定的平均泥炭中銅的数量是 0.47×10^{-3}%。銅素的含量是在苏联科学院生物地質化学实験室測定的，样品的一部分是用化学方法測定的；而另一部分样品是用分光法測定的，並且用第一种方法所获得的材料作为用第二种方法获得材料的标准（維諾格拉多夫，1940）。

根据苏联科学院物理化学实験室的材料，高位泥炭中含銅素 1.2×10^{-3}%（从 0.3×10^{-3} 到 2.3×10^{-3}），中位泥炭中—— 2.5×10^{-3}%，低位泥炭中—— 2.2×10^{-3}%（中位泥炭中和低位泥炭中的銅素含量变幅相同：从 0.3×10^{-3} 到 5.9×10^{-3}）。銅是用分光法測定的，土壤中銅的含量少于0.001%时，用这个方法能測定出来（伊万諾夫和謝德烈斯基，1946）。因为在所測定的数量中沒有一个数量少于0.0003%的，所以可以設想，这0.0003%的数量当然可以說明这个方法的准确度。在某些类型泥炭中銅素含量的差别不很显著。在高位泥炭和低位泥炭中銅素的含量沒有差别。在三种类型的泥炭中銅素含量的最低界限相同。为分析而採取的样品不能充分表徵出泥炭类型和种类的特点：从一处的各种深度下採集的样品，对泥炭土的所有层次来說，具有一个共同的泥炭种类的标誌（按高位的样

品)。在分析的材料中沒有指出泥炭灰分的成份和数量;樺树-松柏-水藓的泥炭屬于高位型,而並不屬于中位型。

按照上述材料,如果認为在底位泥炭中銅的平均含量为 $2.2 \times 10^{-3}\%$,那么在 20 厘米(这层的重量是 500 吨/公頃)的耕作层中銅的量即是 11 公斤/公頃,而在銅的平均含量为 $1.2 \times 10^{-3}\%$ 的高位泥炭中,在耕作层中(重量为 180 吨/公頃)銅的量将是 2 公斤/公頃左右。根据生化实驗室的材料,低位泥炭地耕作层中銅的最高含量为 5 公斤/公頃,而高位泥炭地—— 1.8 公斤/公頃。根据上述資料,能够迅速地假定出物理化学实驗室的材料是过高的。但是,因为农作物从 1 公頃土壤中取用的銅素总量一般是 30—60 克,所以应当承認,泥炭土中銅素的貯存量比起植物所能取用的要多的多;显然,对获得正常收获量来說,土壤中能够被植物吸收的銅素是不足的。

在富有腐殖質的泥炭土和沙土中,被土壤有机質所固定的銅素是植物很难吸收的化合物。被強烈"腐殖質化"土壤所固定的銅素比鈣和錳稳定得多。被酸性沼澤土的黑色腐殖質所固定的銅素是眞菌 *Aspergillus niger* 不能吸收的类型,在这种情况下产生硫化氫的細菌可以固定为这种眞菌和高等植物不能吸收状态的銅素。甚至将被盐酸稀釋过的人造古敏酸往含有少量銅素的沙土中加入时还能引起"耕作病"。銅素在土壤胶体中的含量要比在土壤本身的多到十倍以上。大量施用銅素时,这些銅素能很快地在有机質土壤的表层中固定起来。

銅素能伴随有机酸:草酸、檸檬酸、丁烯二酸、琥珀酸形成坚固的綜合化合物。銅素的活跃性和毒剂一样,当有糖、蛋白質和氨基酸时就降低,和它們在一起就产生不溶性的綜合化合物。另一方面,銅素能消除使植物受到毒素影响的蛋白質分解产物(氨基酸)的为害[安其波夫-卡拉塔耶夫(Антипов-Каратаев),1947;古謝娃(Гусева),1940 及其他]。关于根据土壤的分析而施用銅素肥料的問題有以下的指示。

在銅素浓度小于 $1\times10^{-3}\%$ 的各种土壤中銅素肥料就可能有显著的效果(伊万諾夫, 1950)。土壤中銅素的含量低于 $0.3\times10^{-3}\%$ 时会引起耕作病,所以需要施用銅素肥料[謝德烈斯基 (Седлецкий), 1950]。甚至在沼澤土壤中銅素的含量在 $2\times10^{-3}\%$ 以及1%以上时栽培作物还是需要銅素肥料的。同时栽培作物的缺銅現象,是在可轉变为硝酸浸出物的可变态銅素少于土壤中总含量的 50% 的情况下发現的(安其波夫-卡拉塔耶夫, 1947)。

按照文献資料,富有腐殖質的沙土中和泥炭土中的植物可吸收态銅素是在不同 pH 值情况下以各种不同浓度的硝酸氨溶液和稀盐酸溶液处理銅素的方法确定出来的。結果証明,在上述土壤中,当 pH 值 = 5.5—6.5 时,植物可吸收态銅素最少,因此在这种 pH 值的条件下,在未施用銅肥而获得的产品中,銅素的总含量是最少的,而由于施用了銅肥增产量平均是最高的。用施用石灰(使 pH 值达到 7.6)或施用灰分(100 公斤/公頃,使 pH 值达到 5.4)的方法,这种土壤(根据两年盆栽試驗的結果)的 pH 值向某一方面的改变使銅素的迁移率和植物的产量(产量一般說还是低的)提高了。这一点也为大田試驗所証实。

借助于霉菌(*Aspergillus niger*)的培养物(这种霉菌的发育是需要銅素的),以微生物学的方法也测定了泥炭土和富有腐殖質的沙土中植物可吸收性的銅素。这一眞菌在以活性炭清除了微量銅素的营养液中未形成孢子,並且发育得很不好。往 40 毫升营养液中加入 0.2 微克銅素即能保証眞菌发育到这种程度,使眞菌形成灰褐色孢子,而当加入 2.5 微克銅素时,則形成黑色孢子。当往营养液中加入上述剂量的中間量銅素时即全部形成色度不同的孢子串。把眞菌培养物保持在 30° 下所获得的彩色孢子和这种比例作了比較(在培养物中混合 1 克风干土以代替銅素)。用这种方法試驗了能获得产量(由于銅素不足而在不同程度上受到了損失)的土壤。

除了胞子顏色的改变外,随着銅素剂量的增加,眞菌菌絲体的重

量也提高了，营养液的 pH 值亦有显著改变（銅素的剂量从 0.4 微克开始，pH 从原来的 6.7 降低到 2.6；当剂量少于 0.4 微克时，反应则急剧地鹼化）。

看来，植株感病很重的土壤，在 1 克土壤中含有为眞菌所能溶解的銅素 0.4 微克少一些，在产生輕微病株的土壤中每克含有 0.8—1.3 微克銅素，而在产生健壮植株的土壤中，銅素的含量为 2 微克多一些。

当在泥炭土上栽培的植物呈現缺銅的病徵时，正确的解釋是这种土壤比其它土壤中的銅素含量少，並且在这种土壤中的銅素也要固定得稳固得多。但是，这一解釋不仅是根据泥炭比其它土壤的銅素含量少，並且还因为泥炭（根据泥炭种类、含灰量和分解程度的不同）比其它无机土壤的容积小⅚—15/16。对鑑定植物的營养来說，土壤的重量並不具有很大的意义，而具很大意义的是被这些植物根系所包围的土壤的容积。与矿質土壤相比，根系在泥炭土中的分布常常是更受地下水位的接近、一氧化合物的存在、耕作层下的酸性反应以及其它条件所限制的。

所以甚至在銅素的含量相同的土壤中，在泥炭土上生长的植物所拥有的銅素量也要比在矿物質土上生长的植物的少若干倍。这就証明了第二个原理的正确性——泥炭土特别缺乏銅素。

从 B. P. 威廉斯（1949）的学說中可以知道，在一定的地勢和气候条件下，形成泥炭的植物羣落的生长地被植物灰分營养元素貧瘠化，乃是在泥炭沼澤地从低位型轉向高位型的一般进化时最后更换的活动开始。在这一方面，各种类型泥炭的灰分組成材料已向我們証实了，例如，当比較泥炭中鉀和鈉的含量以及这些元素在自然界中的大循环和小循环的各种环境中的含量时，这一点被特别清楚地查明了。

如果在地壳中鉀（K_2O）的含量是 0.25%，而鈉（Na_2O）的含量是 0.26%，也就是說，它們的数量比例接近于 1:1，那么在海水中

这一比例将是 1:100,也就是在生物小循环中鉀比鈉的停滞要多 100 倍。在植物体中鉀比鈉多 3--9 倍。通常的草本植物所含的鉀是其干物質重的 1.5—2%,而当土壤中鉀单方面过多时,其数量能达到 6%以上。鉀是植物大量需要的一种元素。在泥炭中鉀 (K_2O) 的总含量是万分之几。在含有正常灰分的低位泥炭中,鉀的数量总是不超过泥炭干物質的 0.1%,若是所取的泥炭不是帶有活植物的束状物,而是在束状物下的眞正的泥炭的話。泥炭中的鈉也和鉀的含量一样多,或者甚至多些。泥炭土中非常缺鉀:在 20 厘米的耕作层中 K_2O 的含量是 100—500 公斤/公頃。已証明,若在泥炭中不施鉀肥,从第二次播种起就不能获得产量了。

此外,灰分含量高的泥炭土能单独地富含磷、鉄、鈣、鎂,而富含鉀的問題未被証明。当泥炭土中富含冲积粘土和重积粘土以及淤泥冲积土和沙冲积土时,泥炭土就富含鉀,但是在这种情况下泥炭土就不再是这种泥炭土了:这种土壤上的植物——泥炭形成者被草地植物区系所代替,于是泥炭土就变成矿物質土壤。当在另一种水文地質条件和气候条件下所形成的泥炭沼泽地退化时,才发生了巴拉賓草原的盐漬化沼澤地(低位沼澤)富含鉀的問題。

植物泥炭形成地环境的鉀素貧瘠作用,在泥炭沼澤地的进化中(甚至在其形成中)是非常大的,象植物的无机營养元素一样,在所有其它的灰分元素中,这种元素最易被植物所积蓄,迁移率大,並且具有的鹼性高。

按照泥炭土壤的灰分发生和組成的这一鑑定,对討論泥炭土中微量元素存在的問題具有科学和实践的意义,因为微量元素也是植物的无机營养元素,例如在鉀素和銅素間的差異,从这两种元素是植物所必需的观点来看,仅是数量上的。

进行試驗研究工作的条件　这一工作是 1933—1949 年在 K. A. 季米里亚捷夫农学院农业化学教研組、电站部(加里宁省、十月鉄路列得吉諾試驗站)泥炭总局泥炭試驗站 (TOC) 附近的国營农場試驗

地和全苏肥料、农业技术、农业土壤研究所（ВИУАА）进行的，而这一工作的完成是在全苏水利技术和土壤改良科学研究所（ВНИИГ и М）。

盆栽試驗的泥炭样品取自泥炭沼泽地的上层（耕作层），这一泥炭沼泽地正种有作物，或者是进行了农业垦植的，泥炭土在稍为干燥后，曾用直徑1厘米的大篩子篩过一次；将腐熟得不好的泥炭（高位的）样品用手打碎。並且在两种情况下都将大的木質殘余物去掉。用这些方法处理好的泥炭样品，保存在不生火的房間的柜子中。

在表1中列入了泥炭样品的农业化学鑑定材料，用这种样品进行了盆栽試驗。

盆中的植物用蒸餾水浇灌，水量以保持正常的湿度（泥炭飽和容水量的60%）为止。

試驗用的泥炭曾混合得很好。在往盆中装土的同时，还取了中等样品进行分析。以氯化鉀的当量溶液測定了泥炭悬浊液中的 pH 値（氯化鉀溶液的 pH 是 6.0—6.3）；泥炭与溶液間的比例是以容积計算的。用一般方法进行了泥炭的化学分析。

在往盆鉢中装泥炭时，首先在泥炭中混入碳酸鎂，然后再混入碳酸鈣，最后並混入溶液状和粉状的其它盐类。

施入純盐 $CaCO_3$ 和 $MgCO_3$（当这样做並不錯的情况下）——当量比例为 3:1——作为泥炭酸度的中和剂。同时在試驗 2, 3, 5 和 6_2 中把 $CaCO_3$ 和 $MgCO_3$ 的一半数量当作必須使泥炭的反应达到 pH = 7 的正常量，pH 是以 $Ca(OH)_2$ 溶液曲線滴定来測定的。在其余的情况下还确定了一个中和剂的剂量，这是以大田剂量相当于 2 吨/公頃 CaO 大約換算（按照盆鉢中泥炭的容积和重量）确定的。泥炭和中和剂的数量已列入表2中。

除了磷灰石粉外，所有化学物質（化合物）都是化学純制剂；其数量列入表3中。

加入的銅素肥料量都是 0.05 克/盆（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$），大約相当

表1 泥炭的农业化学鑑定

泥炭样品号	試驗号*	泥炭型	泥炭种类及腐熟程度 %	化合物(以泥炭干物質爲100) N	灰分	不能溶解的殘余物	P_2O_5	CaO	MgO	R_2O_3
1	2—5和6_2	高位的	介質-泥炭; 10	1.02	3.78	—	—	0.45	—	—
2**	6_1	高位的	介質-泥炭; 15	1.21	5.48	—	—	0.52	—	0.70
3	7,8	高位的	介質-泥炭; 5	0.84	4.16	2.63	0.11	0.23	0.20	0.43
4	9	中位的	莎草泥炭; 30	2.30	6.00	2.75	0.13	0.96	0.16	1.48
5	9	中位的	木質-莎草泥炭和砂質冲积土; 50	1.33	27.03	22.22	0.21	1.48	0.14	1.81
6	9	中位的	蘆葦-木質泥炭; 45	1.92	11.91	7.86	0.11	1.23	0.14	2.27
7	9	中位的	莎草-木質泥炭和砂壤土	0.71	71.48	60.35	0.05	0.47	0.17	1.75
8	10	中位的	从高位泥炭得来的木質; 45	1.34	7.23	3.32	0.13	1.70	—	1.53
9	11	中位的	从高位泥炭得来的莎草-木質; 45	—	7.72	4.47	0.19	0.63	0.06	1.59
10	12,13	低位的	樺木泥炭; 50	—	12.36	3.33	0.21	3.03	—	3.88
11	15,16	低位的	飽含石灰浸潤物的灰蘚泥炭; 30	1.62	49.22	3.37	0.74	27.87	1.92	2.83

* 表中排列的間隔部分与試驗号相符合。 ** 这是非常靠近高位泥炭土的中位泥炭。

表2 进行試驗的条件的鑑定

泥炭样品号	試驗号	进行年份	盆缽的特点	干泥炭 克/盆	$CaCO_3$ 克/盆	$MgCO_3$ 克/盆	$CaCO_3+MgCO_3$ (CaO 的当量) 克/盆	$CaCO_3+MgCO_3$ (CaO 的当量) 以干泥炭的重量爲100	pH*
1	2	1933—1934	玻璃的	450	7.25	2.07	5.42	1.20	—
1	3	1934	玻璃的	300	4.83	1.38	3.60	1.20	—
1**	4	1934	金屬的帶底盘	428	—	—	6.37***	1.49	—
2	6_1	1934	金屬的帶底盘	550	11.8	—	6.61	1.20	3.85(水的)
1**	6_2, 5	1934	玻璃的	290	4.19	1.18	3.13	1.08	—
3	7,8	1947和1948	金屬的不帶底盘	362	8.0	2.3	6.0	1.65	2.84
4	9	1940	玻璃的	388	4.51	1.26	3.36	0.86	4.05
5	9	1940	玻璃的	1090				0.30	4.12
6	9	1940	玻璃的	793				0.42	3.56
7	9	1940	玻璃的	1538				0.22	3.75
8	10	1947	金屬的不帶底盘	1240	8.0	2.3	6.0	0.48	3.75
9	11	1948	金屬的不帶底盘	1230				0.49	3.40
10	12	1947	金屬的不帶底盘	985				0.61	5.04
10	13	1948	玻璃的	700	5.7	1.6	4.3	0.61	5.04
11	15	1947	玻璃的	760					7.46
11	16	1948	玻璃的	826					7.46

* 泥炭土壤的 pH 是以盐浸出液测定的。
** 我們認为試驗 1, 2, 3 的样品都是相同的,因为取自一处。
*** 建筑用的熟石灰。

表3 試驗中盐类肥料的成份鑑定表

試驗号	N		P_2O_5		K_2O	
	克/盆	化合物	克/盆	化合物	克/盆	化合物
2,3,5,6	0.5	NH_4NO_3	0.25	KH_2PO_4	0.58 0.17	K_2SO_4 KH_2PO_4
4	0.5	$(NH_4)_2SO_4$	0.25	$CaHPO_4$	0.75	KCl
9	0.4	NH_4 和 NO_3	0.4	磷灰石粉 (22.28%)	0.6	KCl
7,10,12	1.0	同 上	0.5	KH_2PO_4	1.22 0.33	K_2SO_4 KH_2PO_4
8,11,13	1.0	同 上	0.5	同 上	1.00 0.33 0.20	K_2SO_4 KH_2PO_4 KCl
15	0.5	同 上	0.5	同 上	1.0 0.33	KCl KH_2PO_4
16	0.5	$(NH_4)_2SO_4$	—	—	1.0	KCl

于 25—30 公斤/公頃的硫酸銅。仅在試驗 2 中加入了上述盐类 0.56 克/盆。

硼酸肥料的加入量如下：3.4 毫克/盆(試驗6_1)；0.3 毫克/盆(試驗6_2)；9 毫克/盆(試驗 7,10,12) 和 12 毫克/盆(試驗 8,11,13 和 15)。

錳是以 $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 施入的，量是 0.5 克/盆(試驗 2)；0.1 克/盆(試驗6_2) 和 0.2 克/盆(試驗 8,11,13 和 15)。

在所有的情况下鉬都是以 Na_2MoO_4 施入的，量是每盆 20 毫克；鋅是以 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 施入的，量是每盆 10 毫克：KI——6.4 毫克/盆和 NaF——1.6 毫克/盆(試驗 6_1)；鉄是以 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$——0.63 克/盆(試驗 2)和 $Fe_2Cl_6 \cdot 6H_2O$——0.2 克/盆(試驗 8)施入的；鋁是 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$，量是 98 毫克/盆(試驗 15)。微量元素大部分的量都符合于

一般往无机土壤中施入的数量，所用的无机土和泥炭土有相同的容积。

試驗中的燕麦和大麦是以萌发的种子种下去的，这些种子用福尔馬林消过毒，有少数用的是烏斯普倫。

每盆中的植株数都是間苗后最后留下的。

表和图中所列的产量是两个或三个重复的平均产量。

I 在高位泥炭中銅素的施用

1. 銅素对箭筈豌豆-燕麦混播的影响 試驗是 1934 年在加里宁省，查維多夫区，伏尔加河附近冰水沉积物形成的“加里茨蘚地”沼泽地进行的。

沼泽地的面积为 5,000 公頃左右。試驗地段位于高位沼泽地的边緣。这块地是在 1931—1932 年疏干和开荒种植的。

1932 年曾在这块地上用旋轉犁进行开垦，为此曾剷掉一薄层泥炭(未腐熟的纖維状物)。生荒地的深度是 0.6—1.2 米。其上层厚度是 25 厘米，是羊鬍子草-水苔蘚泥炭（水苔蘚：*Sphagnum medium*, *S. parvifolium* 等；羊胡子草 —— *Eriophorum vaginatum*，松树的木質部和树皮以及沼泽灌木的殘余物)。

泥炭的腐熟程度是 20%，含有物：灰分相当于泥炭干物質的 9.27%；N——1.10%；P_2O_5——0.20%；K_2O——0.09%；CaO——053.%；MgO——0.19%；R_2O_3——0.66%，水浸液的 pH 值是 3.8。灰分元素的含量要比具有代表性的高位泥炭的灰分数量高一些，需要从沟渠中弄泥炭混杂物和沙子来混合一下。25 厘米以下的那一层是松树-羊胡子草泥炭，底部是重洗过的堅实的沙子。

試驗地段佔据了沿沟渠空出一趟旋轉犁面积的边緣。小区面积是 200 平方米，試驗处理是四个重复。1934 年 6 月 1 日試驗地用旋轉犁耕作了一次，耕深是 13 厘米(馬拉犁躲过纖維状泥炭)。6 月 2 日曾施入石灰（工程用的殘品)，量是每公頃 1.7 吨的 CaO，並用同

样的旋轉犂覆盖 18 厘米；6 月 7 日用手施入硫化氨 (N) 60 公斤/公頃，过磷酸鈣（或者是磷灰石粉）(P_2O_5) 60 公斤/公頃，40％的鉀盐 (K_2O) 90 公斤/公頃和硫酸銅—— 20 公斤/公頃。将肥料用馬拉中耕器盖了一趟。

6 月 9 日用手混播了箭筈豌豆-燕麦種子 2 公担/公頃，並用上述的中耕器蓋了一趟。箭筈豌豆种子曾用根瘤菌接种过。9 月 12—13 日用鐮刀收获的；按試驗捆进行的計算。箭筈豌豆发育得非常不好，未能收到种子，到收获时植株还是綠的。試驗地未能排好水；雨后一些小区 的 地下水位曾上升到 15 厘米；因此有三个小区被淘汰。

以一个中和剂量的石灰为底肥，在平均时包括了磷灰石小区（表 4）。

用 1 个和 2 个中和剂量的石灰时，銅素对产量有良好的影响。

为了記載下面 6 个盆栽試驗，从沼泽地上旋轉犂片犂下的堆中取的泥炭。这种泥炭具有以下植物成份（也說明出現率的递減順序）：水苔蘚 (*S. medium*, *G. balticum*, *S. parvifolium*等)——50％以上，羊胡子草 (*E. vaginatum*)，松树（树皮和木質部）和休氏草 (*Seheuchzeria palustris*)；腐熟程度是10％和15％。为了記載第 7 和第 8 个試驗，泥炭是由沼泽地未排干部分的表层（纖維状的）取来（距泥炭試驗站的东南方 2.5 公里），这种沼泽地的植物成份如下：*Sphagnum medium* 45％，*S. parvifolium* 35％，*Eriophorum vaginatum* 20％，腐熟度 5％左右。上述样品的农业化学鑑定材料已列入表 1 中（样品 1,2 和 3）。

在文献中尚未遇到过关于在高位泥炭土上使用銅和其它微量元素进行大田試驗的指导材料。

2. 銅、錳和鉄对燕麦和亚麻的影响（1933 和 1934 年在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所进行的盆栽試驗） 以 NPKCaMg 作为底肥。在第一年的产量收获后将盆鉢收藏在生长室（велетационной домик）中。1934 年的春天往每个盆的泥炭中混入 1933 年所

施过的那些營养盐类（NPK），並再装入原来的盆中。石灰、鎂和微量元素就未再重复施入。

燕麦品种 *4580* 是在 1933 年 6 月 13 日播下的；每盆中留 13 棵植株。9 月 10 日收获。1934 年 6 月 2 日播种了燕麦品种沙奇洛夫斯克 *0.56*，每盆中留 12 棵植株。按照成熟程度进行了收获。試驗結果列入表 5 中。

表 4　銅素对箭筈豌豆-燕麦混播产量的影响

底肥	試驗处理	燕麦籽粒产量 公担/公頃		箭筈豌豆-燕麦的藁稈产量 公担/公頃		重复次数
		平均	最低和最高	平均	最低和最高	
Ca	对照	16.4	13.6—20.5	35.3	23.6—41.3	7
	銅素	19.7	16.2—22.0	39.7	34.2—43.5	6
2Ca	对照	15.9	14.9—16.9	37.2	34.2—42.2	4
	銅素	18.0	16.0—19.7	40.5	32.4—47.9	4

到秋天植株分蘖。燕麦发育的不正常表現在藁稈的产量多于籽粒的产量。在 1933 年，微量元素降低了产量；1934 年的产量与对照差異不大。

表 5　微量元素对燕麦产量的影响（平均产量，克/盆）

試驗处理	1933 年		1934 年	
	籽粒	藁稈	籽粒	藁稈
对照	11.0	26.2	14.6	26.0
錳	4.8	26.5	14.7	25.5
銅	5.6	26.2	11.9	21.2
鉄	3.5	29.3	13.9	23.3
錳銅鉄	7.2	26.9	13.5	22.1

亚麻(一种长纖維亚麻)是在 1933 年 6 月 7 日播种的;每盆中留 21 棵植株;9 月 10 日收获(图 1)。获得的平均产量如下(克/盆):对照产生莖 10.9 克;錳——生莖 12.5 克;銅——种子 2.4 克,生莖 30.6 克;鉄——生莖 7.5 克;錳、銅和鉄——种子 1.9 克,生莖 34.0 克。

1934 年 6 月 2 日还是把亚麻播种在原来的那些盆中;每盆中留 18 棵植株。收获是按植株的成熟和衰亡程度于不同的时間进行的(图 2)。曾获得了以下的亚麻产量(克/盆):对照——4.3克;錳——2.8克;銅——种子 0.6 克,生莖 14.6 克;鉄——6.0克;錳、銅和鉄——种子 1.0 克,生莖 24.9 克。



圖 1 1933 年的亚麻产量
22 号盆——对照;24 号盆——錳;26 号盆——銅;28 号盆——鉄;30号盆——錳、銅和鉄。

施用銅素对亚麻的产量有很大的影响,无論是在施銅的当年和以后一年都一样。仅仅在施銅肥的那些处理中才获得了亚麻的种子产量,而在未施銅肥的处理中,植株未完成发育卽死亡了。

按照 1933 年施銅处理中产物的解剖学分析,亚麻具有坚实的皮,发育得很好的、坚实的纖維束,並且是厚壁的纖維;未施銅的則具有



圖 2　1934 年的亚麻产量

22 号盆——对照；24 号盆——錳；26 号盆——銅；
28 号盆——鉄；30 号盆——錳、銅和鉄。

松散的厚皮和在莖的下部有发育得不好的、松散的纖維束，这些纖維束都是在幼嫩的植株上才有的。产量的分析指出，在未施銅的处理中植株的營养元素含量大大地增加了，象幼嫩植株的一样，而在施用銅素的处理中則接近于成熟植株的正常含量。

3. 各种用量的銅素对燕麦和亚麻产量的影响（1934 年在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所进行的盆栽試驗）　試驗中同样以 NPKCaMg 作为底肥。6 月 16 日播下了燕麦品种沙奇洛夫斯克 0.56；每盆中留 10 棵植株；9 月 26 日收获的。亚麻（一种长纖維亚麻）是 6 月 17 日播下的；每盆留 13 棵植株；10 月 4 日收获的。

試驗結果列入图 3 中。

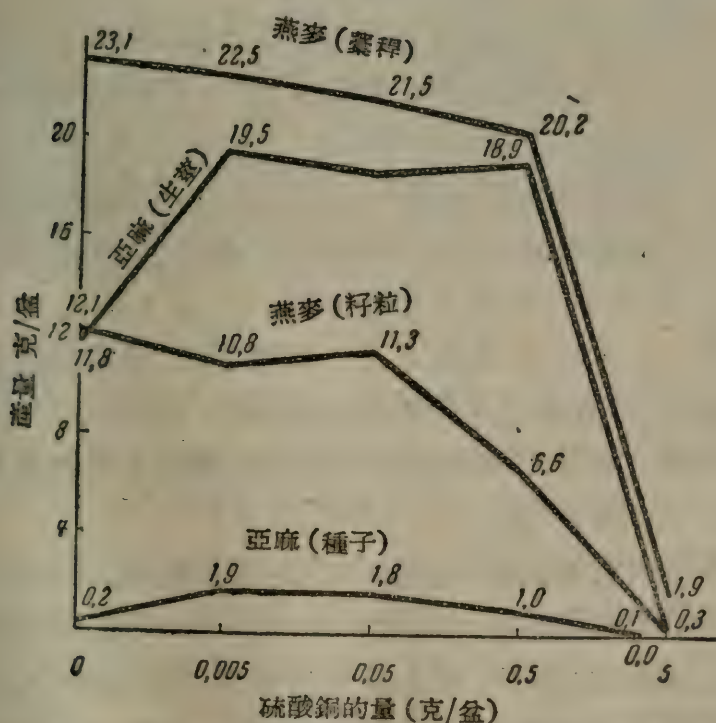


圖 3　不同用量銅素肥料处理中的燕麦和亚麻的产量

在燕麦收获后曾测定了泥炭水浸液的 pH 值；在硫酸銅量为 0.5 克/盆的处理中 pH 值是 4.5，在硫酸銅量 5 克/盆的处理中 pH 是

4.2。因之,最高量銅素的处理中产量的降低不仅可以解釋为銅的过多,並且还由于硫酸銅使泥炭的有害酸性活跃起来了。

最高量銅素处理中的燕麦和亚麻所具有的色泽，比其它量銅素处理中的更显暗綠(燕麦是灰蓝色)。显然，生长在这种剂量銅素处理中的植株含有大量的氮。就是說,在氮素含量上来看,銅素过多也和一般銅素不足时所表現的一样。

除了图 3 中所列入的处理外,在試驗中还有补充处理,在这些处理中播种了 1933 年所收获的亚麻种子，这些种子是从 26 号盆和 30 号盆中获得的(图 1)。在这些处理中所获得的亚麻产量如下(克/盆): 对照——种子 0.2 克，生莖 9.5 克; 硫酸銅 0.05 克/盆中获得种子 1.1 克,生莖 24.7 克;硫酸銅 5 克/盆——未获得种子,生莖 0.2克/盆。可見,这些产量和自母本种子(在 1933 和 1934 年的所有試驗处理中都用的是 1932 年收获的那些种子)中所获得的相应的产量差别很少。

4. 各种用量銅素对黑燕麦和山黧豆产量的影响 試驗是在泥炭土試驗站附近国營农場的网室中进行的(图4)。試驗的底肥是:NPK 和两份石灰,相当于干泥炭土重量的 1.49% 和 5.96% 的 CaO。

黑燕麦(*Landsdorf*)是在 6 月 4 日播下的;每盆留苗 10 棵; 8 月 17—31 日收获。山黧豆(*Lathyrus sativus*)是在 5 月 31 日播下的;每盆留苗 4 棵; 9 月 19 日收穫。山黧豆的种子用的是石質草原育种試驗站 1933 年的产品。

每五天按照重量检查一次盆鉢中的水分数量。当雨水不足时就用水力发电站蒸汽凝結(конденсацпя пара)的方法所获得的水进行灌漑。水沒有味道，清洁，但在夏末时曾保存于大瓶中,还是形成了油层。把凝結水用黃銅管子吸入貯水池中。試驗結果可参閱图 5 和图 6。

最高量的硫酸銅对黑燕麦的产量有有害的影响，而在施一般数量的石灰为底肥时，則未发現各种数量的硫酸銅对山黧豆种子的产

量有不同的影响。在施用多量石灰的条件下，被認为对銅素不足感应很少的黑燕麦和山黧豆，当施用銅素肥料时，都获得了很高的籽粒增产量。

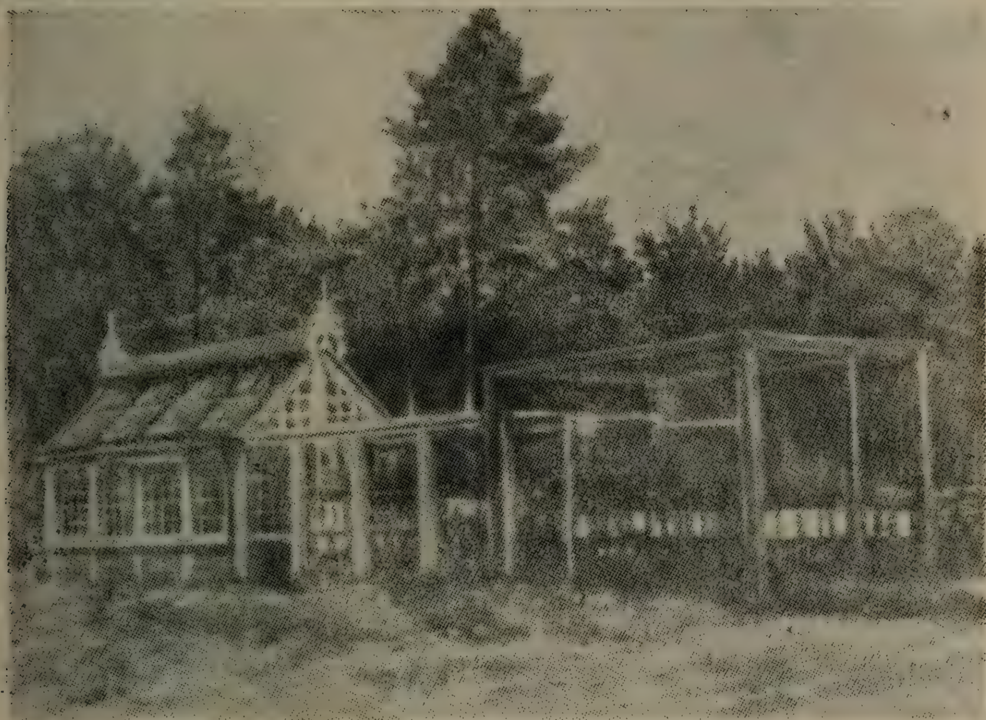


圖4　生　长　室

5. 在各种土壤水分条件下銅素对燕麦和亚麻的有效性(1938年在季米里亚捷夫农学院农业化学教研組所进行的盆栽試驗)　底肥：NPKCaMg。盆缽中的水量保持为泥炭最大持水量的 20, 40, 60, 80 和 100%(这种泥炭的最大持水量是 790%，是在 100—105°C 温度下将泥炭干燥后求得的)。腐熟不好的高位泥炭土的上述持水量只有預先将其干燥后方能获得；对自然状态下的泥炭来說，其最大持水量一般都还要高得多。一昼夜中仅在晚上澆一次水，而在蒸发量最大的期間(7月19日到8月1日)，一昼夜內早晨和傍晚各澆水一次。

燕麦品种是莫斯科 A-*315*，6月10日播下，每盆留苗10棵；9月11日收获(图7)。

銅素对燕麦籽粒产量的眞正良好效果仅在80％土壤含水量时才表現出来。

亚麻是6月7日播种的；每盆留苗10棵；8月31日收获(图8)。試驗結果列入表6中。

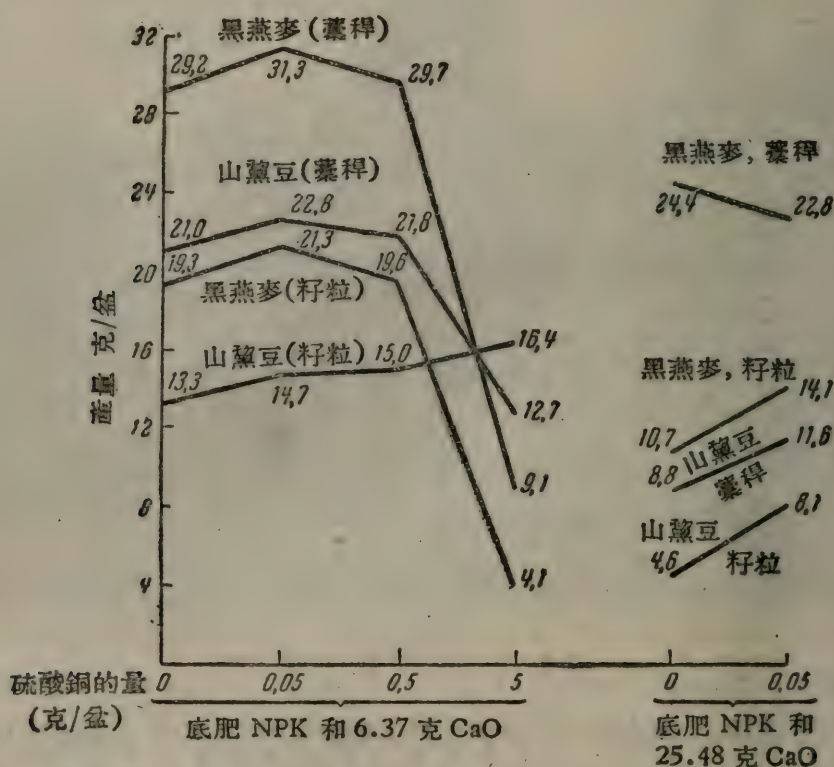


圖5 施用不同数量銅肥的黑燕麦和山黧豆产量

在20—80％土壤含水量的处理中亚麻地上部的产量由于施銅而急剧增加，而在最后的一个处理中（100％的土壤含水量）未获得銅素的效果，虽然在生长时期亚麻的表現很坏，而在生长末期施銅的产量已和对照近似。

可以設想，泥炭的最大持水量在試驗快結束时是增加了，因为所給予的含水量（100％的含水量）並不符合規定——尽管在短期內土壤中的所有孔隙都被澆滿。

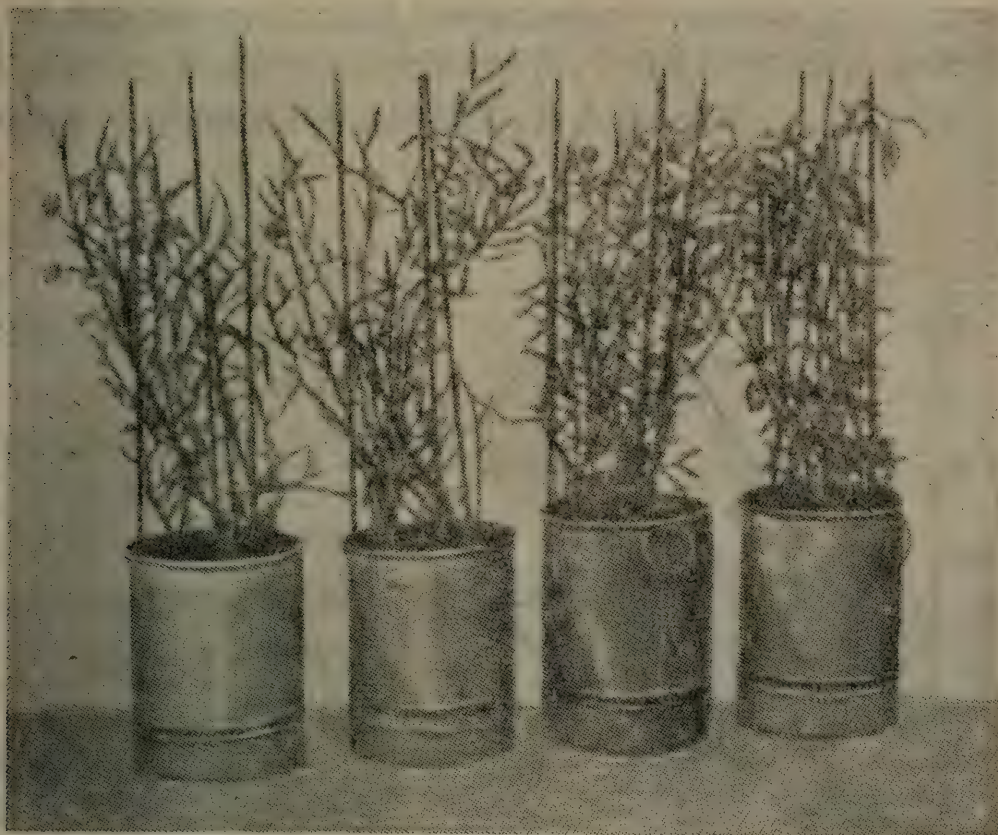


圖 6 山黧豆的产量(从左到右)

第一盆——CaO 25.48； 第二盆——CaO 25.48 + Cu 0.05；
第三盆——CaO 6.37； 第四盆——CaO 6.37 + Cu 0.05。

表 6 在高位泥炭土的不同含水量条件下銅肥对亚麻的有效性

試驗方案	泥炭含水量 %				
	20	40	60	80	100
亚麻干植株产量，克，对照	1.6	3.5	5.7	4.2	7.4
圖 8 中的盆号	—	5	8	11	14
亚麻干植株的产量，克，Cu	2.7	9.7	14.1	14.9	6.5
圖 8 中的盆号	—	20	23	26	29

在文献中有这样的材料，当土壤含水量过大时，銅素对产量有不良的影响，而在相同的条件下，当含水量正常以及水分不足时銅素则有良好的影响。土壤含水量愈低，燕麦对銅素不足的感应表現得愈明显。

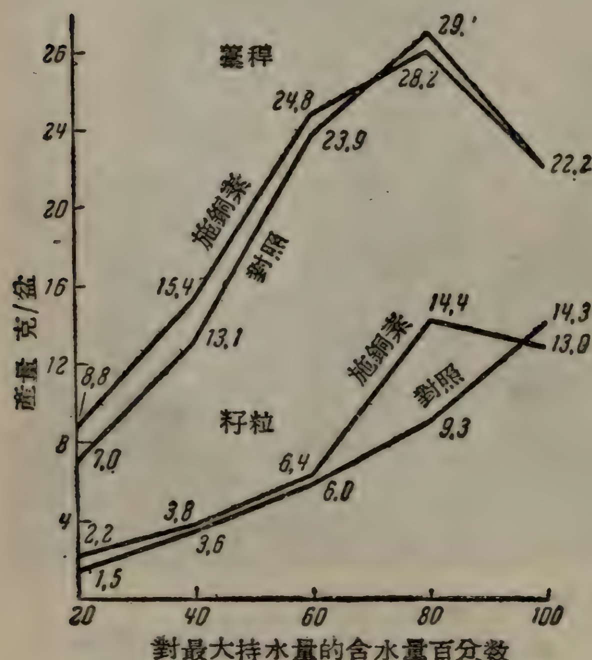


圖 7 在各种土壤含水量條件下銅素肥料对燕麦的有效性

亚麻收获后，在泥炭和水的悬浊液中（其比例为 1:25）pH 值的变动范围是 3.9—4.2。显然，换算成 CaO 数量（相当于使泥炭 pH 值达到 7 所必需的一半）的碳酸鈣和碳酸鎂的剂量（总量），象試驗 2 一样，是不足的。

6. **在增施石灰量为底肥时微量元素对亚麻和燕麦产量的影响**

1) 1934 年在施用不同数量石灰、氮和磷为底肥的环境条件下首先进行了各种微量元素对亚麻影响的試驗（在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所网室中进行的盆栽試驗）。亚麻品种是取自西部試驗站的良种 *0.102*，6 月 28 日播下，每盆留苗 24 株；无硼素的处理是在 10 月 4 日收获的（植株已枯萎），有硼处理的是 10 月 17 日收获。試驗中施用的石灰量如下：中和泥炭到 pH = 7 所需数量的一半以及比这个数量多到 3 倍的石灰。施下的无机肥料数量是：一般的量（NPK）以及提高用量（2N）（4P）K。試驗結果列入图 9 和表 7 及表 8 中。

显然，在两种石灰用量的条件下硼素都有良好的作用。

表7 在施用普通量 NPK 和各种石灰量为底肥的条件下微量元素对亚麻产量的影响

試驗处理	Ca		3 Ca		圖9中的盆号
	产量 克/盆				
	种子	生茎	种子	生茎	
对照	0.0	21.8	0.0	18.4	12
Cu	0.0	22.9	0.0	20.2	14
CuB	1.6	21.8	3.7	30.5	16
CuBZn	2.8	27.1	4.1	28.6	18
CuBZnIF	3.0	28.2	3.3	31.8	20



圖8 在各种土壤含水量条件下銅素肥料对亚麻的有效性

5—0, 20—Cu 在 40%的土壤含水量条件下；8—0, 23—Cu 在 60%的土壤含水量条件下；11—0, 26—Cu 在 80% 的土壤含水量条件下；14—0, 29—Cu 在 100% 的土壤含水量条件下（以上請看表6）。

所取的泥炭和試驗 3 的相同，但在这里銅素对亚麻的产量未发生影响，而在試驗 3 中則有稳定的良好效果。在这一試驗中亚麻播

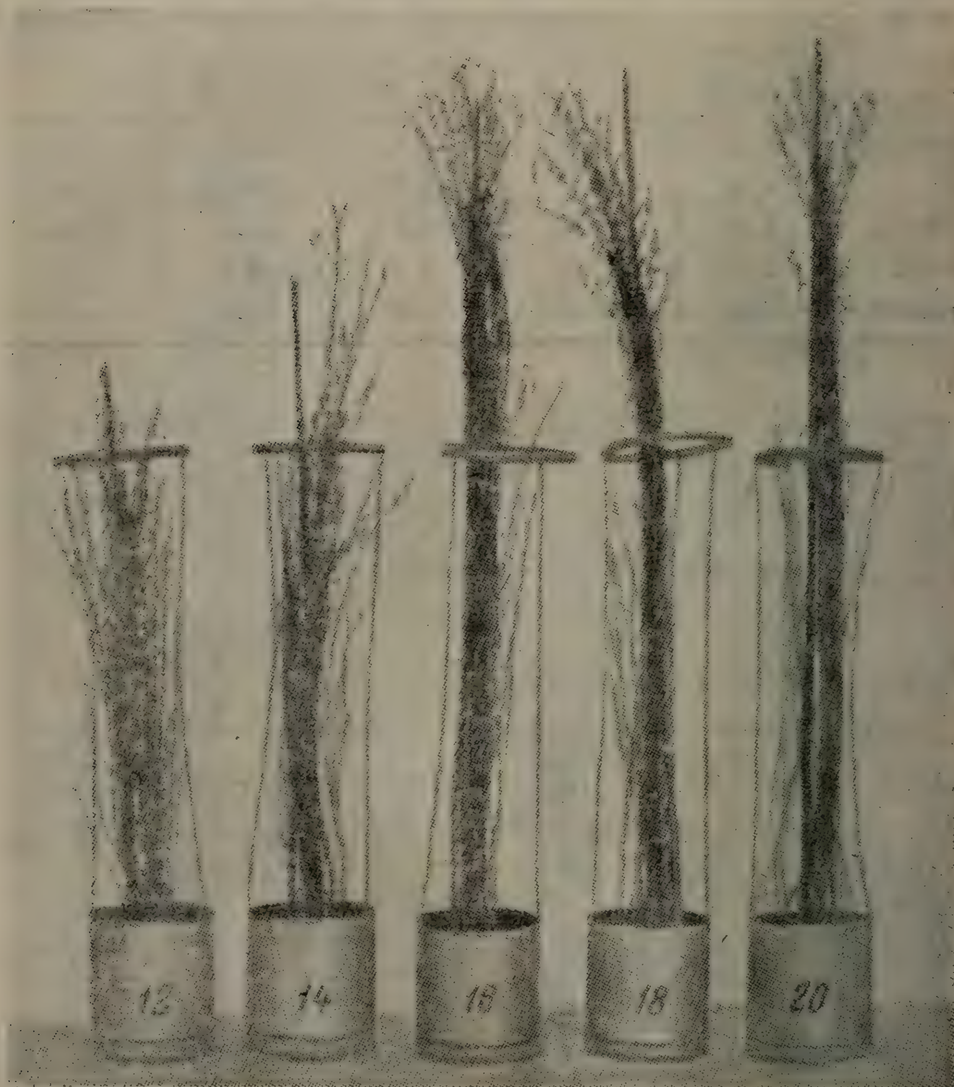


圖 9　在施用 NPK 和增施石灰量为底肥的条件下微量元素对亚麻的影响

种得晚的多——比試驗 3 晚 11 天。此外，7 月 6 日和 7 日的大雨使泥炭的水分达到飽和状态，並且幼苗未能很快地吸收水分。可能这一点就是銅素未表現出效果的原因。

在这一試驗中首先确証了在高位泥炭土[1]上施用硼素对亚麻的良好效果，並且就是当石灰不足（在无鎂的处理中）和石灰过多（在所有的处理中）同泥炭反应达到 pH = 7 的必需数量相违背时，这一效果也能表現出来。

表 8 在增施无机肥料数量为底肥的条件下微量元素对亚麻产量的影响
（2N4PK 和各种数量的石灰）

試驗处理	Ca		3Ca		3CaMg	
	产量，克/盆					
	种子	生茎	种子	生茎	种子	生茎
对照	0.2	22.3	0.0	23.6	0.6*	28.9*
Cu	0.0	32.9	0.2	26.2	0.0	26.3
CuBZnIF	3.0	32.7	4.1	30.8	4.6	34.2

* 兩盆对照产量的差別：种子是 0.0 和 1.3，生茎是 22.5 和 35.3。

根据分析，施用銅肥和特別是施用銅肥和硼肥时，在亚麻产物中发現了磷和鈣含量的降低，而施用硼肥时氮的含量降低。

在 1935—1937 年用这种泥炭进行了泥炭渣——作为石灰肥料——的作用的試驗研究。根据試驗結果，在酸性反应条件下銅素对亚麻产生了一些增产作用。

因之，在高位泥炭土上对亚麻来說泥炭渣是銅素不足的补充来源。在类似的条件下銅素对燕麦未产生效果。

2) 1938 年在相同的条件下（和以前相同的泥炭、肥料数量、播种期、收获期等等）于季米里亚捷夫农学院进行了同一題目的試驗［即此試驗和在各种不同含水量条件下（第五部分）所进行的銅素对燕麦和亚麻产量影响的試驗是相同的］。仅碳酸鈣和碳酸鎂的量比試

1) M. B. 卡塔雷莫夫 (1948) 證明了硼素对以後幾年栽培在泥炭土壤中的植株的良好作用。

驗 5 中多施用了两倍。此外,在每盆中施用了 54 克泥炭渣作为泥炭酸度的中和剂。底肥是: NPK3CaMg, 石灰和鎂的数量相当于 9.39 CaO(克/盆)。在泥炭渣中鈣和鎂的数量相当于 9.22 CaO (克/盆)。

試驗結果列入表 9 和图 10 中。

在这个試驗中泥炭酸度中和剂的数量(按照滴定曲線换算成相当于 CaO 的数量)比中和剂 pH = 7 的数量多到 1.5 倍,这一数量抑制了这两个作物,虽然这种数量未造成泥炭的鹼性反映。这一点特别涉及到以粗粉状态施入的泥炭渣,因为粗粉状的泥炭渣是处在自然状态的。



圖 10 在底肥为 PK 和增施石灰的条件下微量元素对亚麻产量的作用

31—0; 33—Cu; 35—CuMnB; 37—Mn; 39—B; 41—泥炭渣(参看表 9)。

表 9 在以 NPK 及增加石灰用量为底肥时微量元素对燕麦和亚麻产量的影响

底肥	試驗处理	产量克/盆				pH (水浸液)	圖 10 中的盆号
		燕麦		亚麻			
		籽粒	藁稈	种子	生茎		
NPK 3CaMg	对照……	5.9	30.8	0.0	1.3	6.3	31
	Cu ……	3.5	29.5	0.0	0.0	6.1	33
	CuMnB..	7.9	27.5	0.0	21.9	6.9	35
	Mn ……	4.7	31.7	0.0	1.9	—	37
	B ………	9.0	28.6	0.1	17.8	—	39
NPK 泥炭渣	对照……	10.7	30.1	2.3	23.2	5.4	41

不加其它微量元素的泥炭渣，由于对亚麻有良好的环境反映，或者由于其中具有有效的混合物，也或者由于和其它条件的相互作用，很快就获得了很高的产量。

7. **在以不同石灰用量为底肥时銅和硼对燕麦和大麦产量的影响**（1947 年在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所进行的盆栽試驗）在試驗中将上述两种作物混播于每个盆里，这样就能在少数处理时闡明在要求上不同的各种植株与土壤基質的关系。当計算产量时曾細心地选择了籽粒（沒有籽粒的空壳或者是帶有很小的籽粒，而这种籽粒的千粒重少于 10 克的都作为藁稈的重量），仅仅称量和計算了发育很充分的籽粒。燕麦莫斯科 A-*315* 和大麦維涅尔品种在 9 月 23 日混合播入每个盆中；每盆中的两种作物各留苗 10 株；9 月 22日收获。試驗結果列入表 10 中。

收获前燕麦的每盆莖数是 10 个左右；燕麦完全沒有分蘖；大麦的莖数从 18 到 47；一份石灰的对照处理中的莖数最少，三份石灰的对照中莖数最多。

收获前每盆中燕麦的莖数是 10 个左右；燕麦沒有分蘖；大麦的

每盆茎数是 18—47；茎数最少的是一个中和剂量石灰的对照处理，茎数最多的是三个中和剂量石灰的对照处理。

表 10　在以不同石灰用量为底肥时銅和硼对燕麦和大麦混播产量的影响

底　肥	試驗处理	燕麦产量 籽粒	燕麦产量 藁稈	籽粒千粒重(克)	大麦产量 籽粒	大麦产量 藁稈	籽粒千粒重(克)	盐类的pH值*
		克/盆			克/盆			
NPK CaMg	对照……	0.0	21.2	—	4.5	17.4	20.3	3.8
	Cu ……	7.6	18.0	28.6	9.3	21.3	35.8	3.9
	CuB……	9.3	18.1	24.1	9.6	22.3	20.4	—
NPK 2CaMg	对照……	13.5	20.6	27.4	15.1	29.4	28.7	5.5
	Cu ……	12.6	22.1	28.1	7.5	27.7	30.3	5.8
	CuB……	6.9	19.9	25.9	8.1	25.3	20.2	—
NPK 3CaMg	对照……	4.5	21.3	20.4	0.5	25.4	23.0	7.0
	B ………	12.6	23.0	30.2	11.3	25.9	24.7	6.7
	BCu……	11.0	18.2	29.7	13.5	27.2	28.6	6.9

* 盐类的 pH 值，以下均同。

当土壤酸性反应很高时（pH = 3.8—3.9；一个中和剂量的石灰和一个中和剂量的鎂），銅能急剧地提高两种作物的产量。当酸性反应低时（pH = 5.5—5.8；两个中和剂量的石灰和两个中和剂量的鎂），銅和硼能显著地降低产量（类似盆中产量的指标差别阻碍了作出比較一致的結論）。当土壤中性反应时（pH = 6.7—7.0；三个中和剂量的石灰和三个中和剂量的鎂），硼能急剧地提高两种作物的产量。結論还可以按另一种方式做出：当酸性反应低时，在这种条件下对燕麦和大麦来說不需要施用銅肥和硼肥；当酸性反应高时銅肥能促进获得正常的产量；而当中性反应时硼肥能促进获得正常的产量。

在試驗分析中的其他材料指出，在因施銅和施硼而表現出显著效果的产量中，藁稈所含的氮比相应对照中的藁稈所含的要少得多。

在施用两份中和剂为底肥的条件下，銅素增加藁稈中的氮含量，要比对照的氮含量多，也就是説当有着对植物良好的土壤反应条件时，銅肥起着和其本身相反的作用，即在对植物有着不良的反应条件时所观察到的作用那样。

8. **不同用量石灰的底肥和微量元素对大麦和洋麻的共同影响**（1948 年在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所以相同的泥炭和在与过去相同的条件下所进行的盆栽試験） 所用的微量元素如下：銅、硼、錳、鉄、鋅和鉬。 6 月 5 日播下了大麦維湟尔品种；每盆留苗 20 株；8 月 20 日收获。

除微量元素外，在試験中还应用了細菌剂 АМБ，这种細菌剂是全苏农业微生物研究所（在列宁格勒）介紹的，是在施有氮肥和未施有氮肥的环境下使用。試験結果列入表 11 和表 12 中。

在土壤酸性反应条件下（pH = 4.8—4.9；1.5 个中和剂量的石灰和鎂）所有微量元素都降低了大麦的产量和籽粒容重，而在土壤中性反应时（pH = 7.0—7.1；三个中和剂量的石灰和鎂）使大麦籽粒产量增加了一倍，但是各种微量元素（銅、硼和錳）的各别效果还未准确地确定出来。在土壤微鹼性反应条件下，所有微量元素的作用也都能表現出来了。

АМБ 的应用对产量沒有表現出良好的作用；可以設想，相反地在营养元素的需要上微生物是大麦的竞爭者。

按照分析材料，尽管在 NPK3CaMg 为底肥时硼对大麦的产量沒有产生效果，施銅的籽粒中 CaO 的数量比栽培在未施銅肥盆缽中的籽粒含鈣数量少得多（相应地为：0.017 和 0.023% CaO），而两种处理中磷的数量则相同——1% 左右。

在未施氮肥的处理中（PK3CaMg）每盆的茎数是 20 个；而在所有其它处理中的是 44—57 个。

纖維用亚麻品种普良季尔契克是 6 月 5 日播种的；每盆留苗 30 棵；8 月 30 日收获。試験結果列入图 11 和表 12 中。

表 11 在不同用量石灰为底肥的环境下微量元素（MЭ）对大麦产量的影响

底肥	試驗处理	产量克/盆		籽粒千粒重（克）	pH
		籽粒	藁稈		
NPK 1.5CaMg	对照	13.0	35.8	17.3	4.8
	Cu	10.2	33.2	14.7	4.8
	MЭ	7.3	31.4	15.6	4.8
NPK 3CaMg	对照	8.5	31.5	19.9	7.0
	Cu	10.2	35.9	17.4	7.0
	B	11.8	35.9	18.5	7.0
	Mn	14.3	35.3	19.7	7.1
	BMn	17.0	39.4	19.9	7.1
	MЭ	20.2	41.0	22.7	7.1
	MЭAMБ*	17.6	37.9	23.3	7.1
PK 3CaMg	MЭ	4.8	8.7	29.8	6.7
	MЭAMБ	4.3	7.9	28.3	6.7
NPK 3.5CaMg	对照	7.5	39.1	29.3	7.3
	MЭ	18.7	43.1	23.1	7.4

* 加細菌剂。

表 12 在两个中和剂量的石灰时各种微量元素（MЭ）对亚麻产量的影响

底肥	試驗处理	产量克/盆		pH	圖11的盆号
		种子	生茎		
NPK 1.5CaMg	对照	0.1	37.9	4.7	1
	MЭ	8.3	45.4	4.7	2
NPK 3CaMg	对照	0.0	36.7	6.8	3
	MЭ	6.4	39.6	6.8	4



圖 11　在以 NPK 和兩个中和剂量的石灰为底肥时各种微量元素对亚麻产量的影响

以 NPK 和 1.5CaMg 为底肥时：1——0，2——各种微量元素（以 NPK 和 3 CaMg 为底肥），3——0 和 4——各种微量元素（参看表 12）。

在土壤酸性和中性反应时微量元素的共同作用保証了亚麻种子的产量。

II 在中位泥炭土上施用銅素

所进行的盆栽試驗和在高位泥炭土上的試驗相同，都是在施用各种用量石灰时研究銅及其它微量元素对产量的影响。这些試驗是在1947和1948年期間在和高位泥炭土試驗相同条件下同时进行的。

9. 在四种中位泥炭土样品中銅素肥料作用的比較（1940 年 在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所进行的盆栽試驗） 泥炭的样品是从莫斯科省沙图尔斯克区彼得罗夫-科别列夫斯克沼泽地上，从开垦后准备播种农作物的地上採取的。所有四个泥炭样品都是典型的中位泥炭土（表 1）。泥炭成份包括樺树、松树、薹屬（*Carex lasiocarpa, C. rostrata*）、休氏草屬和其它植物的殘余物。腐熟程度——30—50%（1944 年巴胡林曾发表过詳細的鑑定）。燕麦莫斯科 A-315品种是 6 月 14 日播种的；每盆留苗 12 棵；8 月 26 到 9 月 2 日进行收获。pH 是以泥炭悬浊液进行测定的（泥炭在收获后从盆缽中採取）。結果列入表 13 中。

在所有四种泥炭中（充分施肥、施石灰和銅素肥料）都获得了相同的燕麦产量（籽粒 19—22 克/盆）。在混有矿質层的泥炭中（样品 7）銅素对燕麦完全沒有影响。在其余三种泥炭中，当以石灰为底肥（NPKCaMg）和未施石灰（NPK）时，銅素肥料都能保証燕麦获得了正常产量。

10. 以不同用量石灰为底肥在中位泥炭土上銅和硼对燕麦和大麦产量的影响（1947 年在 和試驗 7 相同的条件下所进行 的 盆栽試驗） 泥炭（样品 8）取自尼柯尔斯克沼泽地（莫斯科省阿列霍夫-祖耶夫斯克区）的第 44 号地段。泥炭的植物組成是：樺树皮 40%，松树皮 15%，落叶松木質部 25%，蘆葦屬——*Phragmites* 10%，薹屬——*Carex caespitosa* 5%，灰蘚和水蘚 5%；腐熟程度 45%。中位泥

表 13　在四种泥炭土中銅素对燕麦作用的比較

底肥	試驗处理	泥炭种类											
		4号样品薹屬的(底層)			5号样品,为砂質冲積土所淤積的木質-薹屬泥炭(表層)			6号样品，木質-蘆屬泥炭（旋轉犁犁下的殘渣）			7号样品，木質-薹屬泥炭（此种泥炭和矿質層的混合物）		
		产量，克/盆		pH	产量，克/盆		pH	产量，克/盆		pH	产量，克/盆		pH
		籽粒	藁稈		籽粒	藁稈		籽粒	藁稈		籽粒	藁稈	
NPK	对照	3.2	36.8	3.99	12.2	37.3	4.21	13.1	25.6	3.60	19.2	22.3	3.70
	Cu	20.0	27.0	3.99	21.3	29.0	—	20.4	26.4	3.63	18.5	22.8	3.70
NPK	对照	11.0	28.5	4.66	12.7	34.5	4.88	19.2	27.6	4.00	19.3	23.8	3.84
CaMg	Cu	20.1	25.5	4.84	22.3	30.1	4.89	20.6	28.7	—	18.8	24.6	3.81

炭是木質的。由于泥炭是从撩荒地中层旋轉犂开墾后外露处取来的,所以其腐熟程度很高,而是酸性反应（pH = 3.75）。在这种酸性反应下,形成这种泥炭的植物是不能够生长的。在这里这样高的酸性反应是次生現象，是埋藏在它的上方的酸性更大的高位泥炭影响的結果。

6 月 21 日把燕麦和大麦混播于每个盆中;每盆留苗 10 棵; 9 月 15日收穫。試驗結果列入表 14 中。

仅在未施石灰处理中燕麦才能分蘖。在所有的处理中大麦都分蘖了;每盆中的茎数是 24—39。在施硼肥的处理中茎数最少。这里硼素对两种作物都有不良的影响,而銅素消除了硼的这种不良作用。硼象是引起了銅素不足的徵兆:降低了燕麦和大麦的籽粒产量,增加了燕麦藁稈的产量，減少了两种作物的籽粒容重，按照分析材料,硼增加了两种作物藁稈中的氮和磷的含量，同时也增加了两作物籽粒中鉀和鈣的含量，显然这是由于种皮中这些元素数量的相对增加所致。同时植株地上部所有这些元素的普遍增加,对上述三个处理(无

肥、硼和硼＋銅)来説並无确实差别。

表 14　以不同石灰用量为底肥时銅和硼对中位泥炭土上燕麦和大麦混播产量的影响

底　肥	試驗处理	燕麦产量		籽粒千粒重(克)	大麦产量		籽粒千粒重(克)	pH
		籽　粒	藁　稈		籽　粒	藁　稈		
		克/盆			克/盆			
NPK	对照*	1.0	9.5	—	0.2	11.1	—	3.5
	Cu	2.9	16.5	—	4.3	13.7	24.8	—
NPK CaMg	对照	16.0	20.6	31.8	13.9	20.3	35.3	4.0
	Cu	16.5	25.5	26.9	12.8	18.5	32.9	4.0
NPK 2CaMg	对照	13.7	25.5	30.0	14.7	20.5	31.5	4.4
	Cu	17.9	27.6	27.8	10.1	17.0	30.7	4.4
NPK 3CaMg	对照	16.2	24.6	30.8	12.4	19.2	30.5	4.8
	B	10.6	31.5	23.6	6.1	18.5	23.5	4.9
	Bcu	18.0	27.6	29.0	11.3	17.0	28.4	4.8

* 兩盆对照的产量差 (克/盆): 燕麦0.0 和 2.10, 藁稈 5.3 和 13.6; 大麦籽粒是 0.0 和 0.5, 藁稈是 9.4 和 12.8。

11. 以不同石灰用量为底肥的中位泥炭土上微量元素对大麦和亚麻的影响 (1948 年在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所进行的盆栽試驗,与試驗 8 的条件相同)　泥炭(样品 9)取自德烈兹年斯克沼泽地(莫斯科省阿列霍夫-祖耶夫斯克区)用旋轉犁垦过的地方。植物成分: 松树皮 10%, 樺树皮 15%, 闊叶树和針叶树的木質部分 30%, 薹屬 (*C. stricta, C. lasiocarpa, C. caespitosa*) 20%, 蘆葦屬——*Phragmites* 15%,草本植物 10%;腐熟度 45%。这一样品比前一个样品酸性更大一些。这一样品自然状态盐悬濁液中的 pH 值与高位泥炭土的 pH 值相一致。这一中位泥炭的酸性也是次生的, 因为在其上面曾有相当厚的一层高位泥炭,这一层当时已被剷去作为燃料。

所要施的微量元素 (MЭ) 如下: 銅、硼、錳、鋅和鉬。大麦是 6 月 8 日播种的;每盆留苗 20 株; 8 月 18 日收获。結果列入表 15 中。

大麦分蘖很好。每盆中的茎数是 44—64 个。在那些籽粒未能成熟的处理中茎数最多。在施不同用量的石灰条件下泥炭的反应都是酸性的，並且在施不同石灰用量时銅素肥料都急剧地提高了产量。

亚麻是 6 月 8 日播种的；每盆留苗 30 株；8 月 20 日收获。試驗結果列入图 12 和表 16 中。

表 15　以不同石灰用量为底肥的中位泥炭土上微量元素对大麦产量的影响

底肥	試驗处理	产量 克/盆		籽粒千粒重(克)	pH
		籽粒	藁稈		
NPK 3CaMg	对照	—	14.1	—	4.6
	Cu	8.7	31.0	13.8	4.6
	MЭ	9.4	32.7	14.0	3.8
NPK 4CaMg	对照	—	14.9	—	4.9
	Cu	13.1	35.7	17.8	5.0
NPK 5CaMg	对照	—	15.5	—	5.3
	Cu	10.3	35.6	15.0	5.4
	B	—	15.3	—	5.1
	Mn	0.1	18.7	12.0	5.3
	MЭ	5.2	26.6	13.5	5.1
NPK 6CaMg	对照	—	16.3	—	5.8
	Cu	5.1	28.2	11.9	5.6
	B	—	18.4	—	5.6
	Mn	0.1	17.6	9.7	5.6

表 16　在两个中和剂量石灰的中位泥炭土上微量元素对亚麻产量的影响

底肥	試驗处理	产量 克/盆		pH	圖 12 的盆号
		种子	生茎		
NPK 3CaMg	对照	—	3.5	4.5	1
	MЭ	1.1	20.9	4.2	2
NPK 5CaMg	对照	—	3.8	5.2	3
	MЭ	—	19.0	4.9	4

由于施用各种微量元素而产量的提高是很多的，但几乎沒有获得种子。



圖 12　以 NPK 和兩个中和剂量石灰为底肥的中位泥炭土上各种微量元素对亚麻产量的影响

以 NPK3CaMg 为底肥时：1——0；2——各种微量元素；
以 NPK5CaMg 为底肥时：3——0；4——各种微量元素。

III 在底位泥炭土上施用銅素

12. 在正常含灰量的底位泥炭土上銅和硼对燕麦、大麦和亚麻产量的影响（1947 年所进行的盆栽試驗，条件与試驗 7 和 10 相同）

泥炭(样品 10)取自位于泥炭土試驗站南 0.7 公里的加里宁省查維多夫区加里茨克苔蘚沼泽地。植物成份如下：樺树皮 25%，闊叶树木質部分 25%，云杉樹皮 5%，針叶树木質部分 15%，薹屬——*Carex Caespitoa* 10%，蘆葦屬——*Phragmites* 10%，*Sphagnum*: *S. cuspidata* 和 *Calliergon* 5%和草本殘余物 5%。樺木泥炭；腐熟度是 50%。

燕麦品种莫斯科 A-*315* 是 6 月 21 日播下的；每盆留苗 20 棵；NPK 处理是 9 月 22 日收获的，沒有 NPK 的处理是 9 月 8 日收穫的。大麦維涅尔和长纖維亚麻普良季尔契克是 6 月 21 日一起播下的(混播)；每盆留苗大麦 10 株，亚麻 15 株；9 月 10 日收穫；結果列入表 17 中。

表 17 銅和硼对燕麦、大麦和亚麻产量的影响

底肥	試驗处理	燕麦产量 籽粒	燕麦产量 藁稈	籽粒千粒重（克）	大麦产量 籽粒	大麦产量 藁稈	籽粒千粒重（克）	亚麻产量 克/盆	pH*
		克/盆			克/盆				
NPK	对照	27.7	39.6	34	19.8	30.9	30	1.8	4.8
	Cu	29.5	41.9	37	17.8	30.9	25	1.7	4.8
NPK CaMg	对照	27.9	37.4	30	13.8	29.2	25	5.0	5.4
	Cu	26.3	39.1	32	19.8	30.6	31	3.4	5.4
	CuB	29.7	39.9	32	18.3	29.7	29	4.8	5.4
CaMg	对照	1.2	4.1	24	1.0	2.5	21	2.7	5.5

* pH 值僅僅是在取自大麦和亚麻盆中的泥炭測定的。

燕麦沒有分蘖。在沒有 NPK（无氮）的处理中大麦未分蘖，而在其他的处理中茎数是 37—46。

以 NPK 为基肥时銅素使燕麦提高了一些产量，这种提高表現在籽粒容重的提高上，这一提高可由当时的分析材料証实：在两个比較处理（O 和 Cu）中植物地上部分对氮吸收（вынос）相等的情况下，在銅素的处理中莖稈內总氮量的百分数降低了。在施石灰为底肥时，在各种处理的燕麦产量中沒有产生眞正的差别。

以 NPK 为基肥时銅素降低了大麦的产量和籽粒容重，而以 NPKCaMg 为基肥时則比在单以 NPK 为基肥时获得的产量高得多。硼对燕麦和大麦的产量沒有发生效果。亚麻阻碍了大麦的生长和发育。

13．在以不同石灰用量为底肥的低位泥炭土上微量元素对大麦的影响（1948 年在与試驗 8 和 11 相同的条件下所进行的盆栽試驗）所取的泥炭与以前的試驗相同（样品 10）。所用的微量元素（МЭ）如下：銅、硼、錳、鋅和鉬。

大麦是 6 月 5 日播种的；每盆留苗 16 株；8 月 16 日收穫。試驗結果列入表 18 中。

在这一試驗的所有处理中藁稈重和籽粒重的比例是 2 : 1 多一些，在以前的試驗中則不是这样。这首先是因为这个試驗中所施用的氮比以前的試驗的多（按泥炭重量单位計算）。也可能是泥炭本身在 1 年中（1947－1948）积累了一些多余的植物易吸收态的氮。

随着石灰的数量增多大麦的产量会降低下来，但是再施入这些微量元素后产量則会完全或者部分地（高剂量石灰时）恢复起来。在这些微量元素中銅是有效的元素。我們发現錳对产量有良好的作用。

14．銅对白芥产量的影响（大田試驗） 这个試驗是 1937 年在比謝罗卫沼泽地（莫斯科省諾金斯克区）进行的。泥炭样品是从耕作层取来的，是低位木質泥炭，腐熟度 45—50%，其植物成份如下：樺树皮和木質部（含量很多）以及赤楊 65—70%，蘆葦屬——*Phragmites*

表 18　在以不同石灰用量为底肥的低位泥炭土上微量元素对大麦的影响

底　肥	試驗处理	产量 克/盆		籽粒千粒重(克)	pH
		籽　粒	藁　稈		
NPK	对照	10.4	24.7	18.1	4.6
	МЭ	11.4	25.2	20.8	4.6
NPK CaMg	对照	8.1	24.6	17.4	4.9
	МЭ	11.4	25.9	20.7	5.2
NPK 2CaMg	对照	5.9	20.1	17.6	5.7
	Cu	9.5	26.3	19.3	5.7
	B	6.0	18.3	17.4	5.8
	Mn	7.4	19.5	19.2	5.8
	МЭ	9.5	21.9	22.3	5.8
NPK 3CaMg	对照	5.7	16.6	17.4	6.2
	МЭ	8.6	19.8	20.9	6.3

20—25%，草殘余物 10%，一部分灰藓。泥炭浸出液的 pH 是 5.70（用氯化鉀当量溶液测定）。

曾进行两个样品的分析，这两个样品也取自那一沼泽地的相同处。其中的一个样品是低位木質泥炭，腐熟度为 45%，含有灰分 15.77%，N——2.6%，P_2O_5——0.15% 和 CaO——3% 左右；pH＝5.47。用这一样品所做的盆栽試驗中，由于銅素而获得了亚麻的很大增产量，並且重要的是由于銅素而获得了完全正常的亚麻产量（傑列諾夫，1940）。另一个样品也是低位的木質泥炭，腐熟度为 45%，含有灰分 11.7%，pH＝5.7。在用这个样品所做的盆栽試驗中同样地由于銅素而获得了春小麦的很高增产量。

从所引用的材料中我們可以得出結論說，在这一試驗中低位的木質泥炭具有正常的灰分和含有普通数量的磷和鈣。

在翻耕之前，供試驗用的这块土地是沒有植物的。仅在 1937 年 6 月 10 日进行过一次翻耕，耕深为 15—16 厘米（泥炭层深度为 25—

35 厘米)。在耕翻土地的当中曾往小区中施入硝酸鈉 60 公斤/公頃 N, 普通过磷酸鈣 60 公斤/公頃 P_2O_5, 鉀石盐)0 公斤/公頃 K_2O 和作为銅肥的黃鉄矿渣 500 公斤/公頃。用 Z 形耙耙一次,将肥料耙入土中。白芥是 6 月 17 日播下的, 每公頃用种子 10 公斤。用 Z 形耙复土並进行鎮压。9 月 23 日收获。小区面积为 200 平方米; 两个試驗重复。按試驗束进行結果計算。

从 6 月 10 日至 9 月 25 日这一期間内, 試驗区的地下水位深度按照两个检查井的八次观测平均如下: 第一个重复处是 55 厘米 (由 25 厘米 至 65 厘米), 第二个重复处是 4 厘米 (由 46 厘米至 75 厘米)。在未施肥的处理中沒有获得产量。其他处理曾获得以下的产量(公担/公頃):

	NPK 处理	NPK + 黄鉄矿渣处理
籽粒	5.9	11.0
藁稈	33.3	52.6

很早卽已确定, 撩荒地底层的泥炭初次耕翻地之所以完全沒有肥力,首先是由于在这种泥炭中缺乏植物可吸收态的氮肥,这一点在本試驗中也被証明了。在对照中沒有获得产量: 留在施肥小区中的白芥殘茬要超过对照中的若干倍(按重量)。

15. **在灰量大的低位泥炭土上銅素对燕麦、大麦和亚麻产量的影响** (1947 年在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所进行的盆栽試驗) 飽含石灰浸潤物的灰藓泥炭 (样品11) 取自科恩琴尼恩斯克沼泽地(莫斯科省季米特罗夫区)。这一泥炭具有以下植物成份: 毛果薹——*Carex lasiocarpa* 和薹屬——*C. Omskiana* 35, *Drepanocladus* (*D. Sendtneri*) 35, 蘆葦屬——*Phragmites* 10, *Sphagnum subbicolor* 5, 矿物質部分 15%。腐熟度 30%。泥炭的盐浸出液呈鹼性反应(pH= 7.46)。試驗的底肥为 NPK。燕麦品种莫斯科 A-*315* 是 6 月 20 日播种的; 每盆留苗 14 棵; 9 月 24 日收获。試驗結果列入表19中。

未施銅素肥料的燕麦发育得不正常, 几乎沒有获得籽粒, 到秋季

已分蘖。从燕麦植株的分析結果中可以看出，无論是栽培在未施銅肥处理中的植株，或者是栽培在施用銅肥处理中的植株都很強烈地吸收了 NPK；前栽植物和后栽植物对氮、磷、鉀的吸收量的差别和它們的产量之間的差別比較起来是很小的。未施銅肥处理中的植株儲藏了营养元素，但未能用来形成籽粒，这些植株到秋天尙处于幼嫩状态。

大麦維逞尔，纖維用亚麻普良季尔契克是 6 月 20 日播种的；每盆中大麦留苗 8 棵，亚麻留苗 12 棵（混播的）；9 月 8—10 日进行收获。結果列入表 20 中。

銅素处理中的燕麦曾获得了正常的产量，而銅素处理中的大麦则产生了籽粒較低的产量；亚麻則完全沒有产生种子。

16. 微量元素和硫在灰分高的低位泥炭土中对大麦的影响（1948 年在全苏肥料、农业技术及农业土壤研究所做的盆栽試驗，泥炭样品与前一試驗相同）試驗的底肥是氮和鉀。所用的微量元素（MЭ）如下：銅、硼、錳、鋅、鉬和鋁。硫是施用碾成粉后揑成团的，用量为 2 克/盆。大麦維逞尔是 6 月 4 日播种的；每盆留苗 16 株；8 月 16 日收获。結果列入表 21 中。

在所有的微量元素中只有銅对产量有作用。硫能够使土壤酸化而降低土壤的鹼性，因之对产量有良好影响的这一假設，未被証实。

17. 用各种方法施用銅肥对大麦产量的影响 試驗处理同前一个試驗。

用三种方法施用銅：1）处理种子——把种子放在 1% 的硫酸銅溶液中浸 10 分鐘；2）处理叶子和 3）施入土壤中。第二种方法是用稍浸过5%硫酸銅溶液的紗布在生长着的叶子的两面擦一次；这是 6 月11 和 15 日进行的（萌动的种子是 6 月 4 日播下的），而 6 月 16 日在叶子上就发現了淡白点，並且叶尖也白了。从 6 月 18 日至 7 月16 日每隔 1—2 天用稀释 10 倍的溶液（即 0.05% 的溶液）擦一次叶子。

表19 在灰分高的泥炭中銅素对燕麦的

試驗处理	产量 克/盆		千粒重(克)	茎数	N(占物体%)			吸收N 克/盆
	籽粒	藁稈			籽粒	藁稈	全植株体	
对照	0.7	44.9	—	46	—	—	1.37	0.61
銅	27.4	32.5	36	20	1.98	0.58	1.22	0.75

表20 在灰分高的泥炭中銅素对大麦和亚麻产量的影响

試驗处理	大麦产量		籽粒千粒重(克)	亚麻生茎产量 克/盆
	籽粒	藁稈		
	克/盆			
对照	0.0	11.0	—	0.9
銅	10.4	26.0	24.7	1.1

表21 在灰分高的泥炭中微量元素和硫对大麦的影响

处理	产量 克/盆		籽粒千粒重(克)
	籽粒	藁稈	
对照	0.0	12.8	—
Cu	12.8	22.3	25
CuS	10.2	19.1	26
MЭ	12.4	21.0	25

产量和对植株其它营养元素含量的影响

P_2O_5（占物体%）			吸收 P_2O_5 克/盆	K_2O（占物体%）			吸收 K_2O 克/盆	CaO（占物体%）			吸收 CaO 克/盆
籽粒	藁稈	全植株体		籽粒	藁稈	全植株体		籽粒	藁稈	全植株体	
—	—	0.69	0.30	—	—	3.00	1.45	—	—	1.63	0.71
1.03	0.15	0.55	0.34	0.79	3.87	2.47	1.52	0.81	2.12	1.53	0.93

第三种方法是硫酸銅溶液施入土壤中並和一般的方法一样攪拌一下土壤。三个試驗处理的每一处理都多加一盆，7 月 19 日从这个盆中取下大麦叶进行分析（在往土壤中施銅的处理中是播后 45 天在抽穗前进行的；7 月22日开始抽穗）。結果列入图 13 和表 22 及 23 中。

在用硫酸銅的溶液浸种和处理叶子时，試驗結果証实了植物能吸收銅素作为营养的著明原理。

表22 在灰分高的低位泥炭土上銅素的各种施用方法对大麦产量的影响

处理	产量 克/盆		籽粒千粒重（克）	每盆中的莖数
	籽粒	藁稈		
对照	0.0	12.8	—	46
銅处理种子	0.8	17.8	24.0	42
銅处理叶子	9.0	19.5	22.6	34
往土壤中施銅	12.8	22.3	25.2	34

銅素处理中产量的差别是由于植株吸收銅素的不同程度所致；当往土壤中施銅时植株吸收得最好，吸收得最差的是用銅处理种子的处理。

植株叶子的分析（表 23）証明了叶子所积累的营养元素和营养物質形成繁殖器官的移动过程和消耗过程对植物供給銅的程度的完全依賴性。

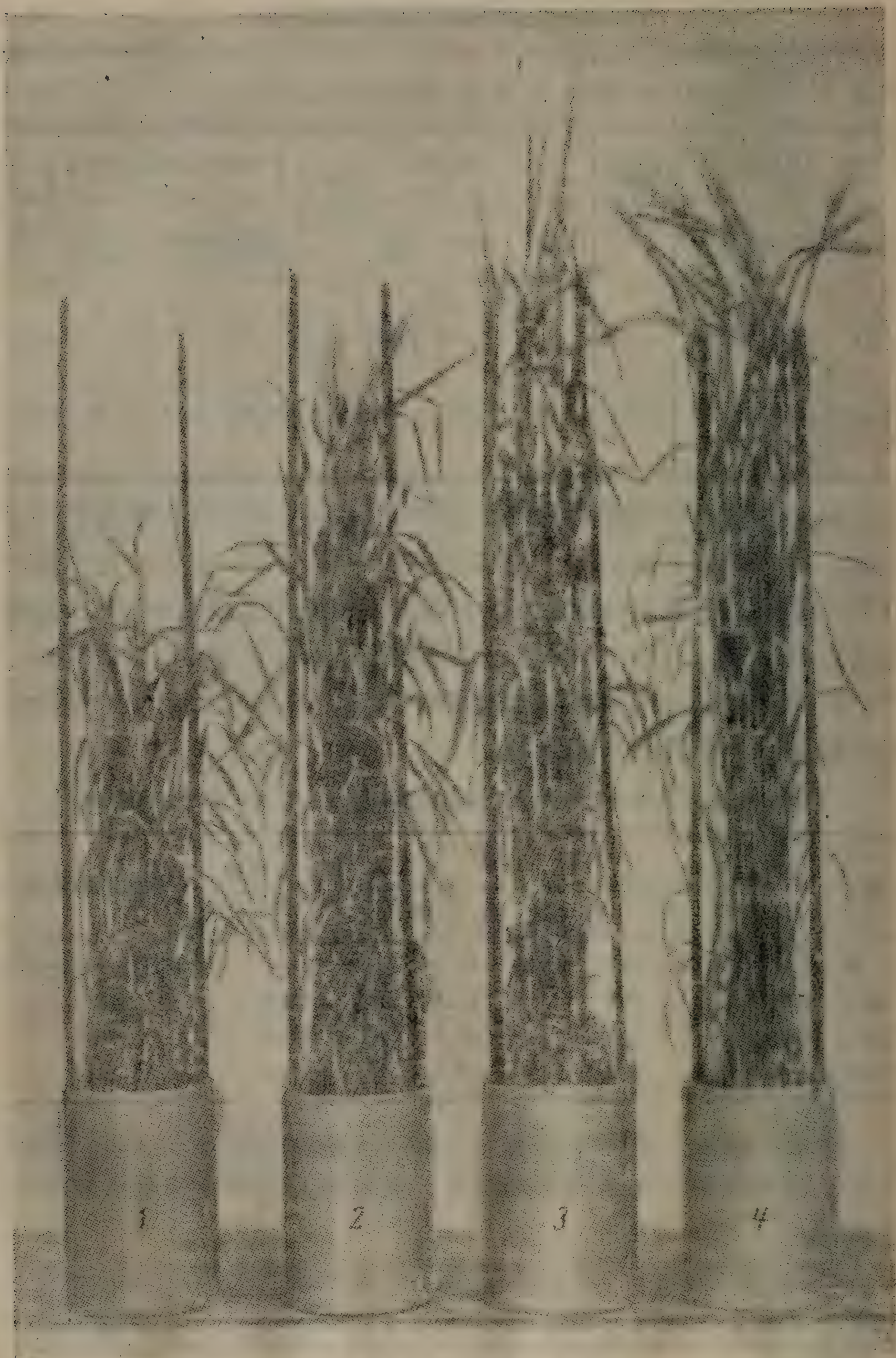


圖 13　給大麦施銅方法的比較

1.——対照(未施銅)；2.——用銅处理种子；3.——用銅处理叶子；4.——往土壤中施銅。

表 23 銅素对大麦叶子中的灰分和营养物質含量的影响(叶子是播后 45 天取下的)*

試驗处理	施用銅素方法		
	浸种	处理叶子	往土壤中施
	对風干物質的灰分和营养物質含量百分数		
灰分	17.15	14.43	9.27
CaO	2.23	1.95	1.86
MgO	1.17	1.31	1.34
K_2O	2.92	2.44	2.11
P_2O_5	0.72	0.62	0.61
总氮	4.09	2.89	2.89
蛋白質态氮	2.18	2.38	2.54

* A. A. 加里特紐克进行的分析。

在布洛夫沼泽土試驗点(切尔尼果夫省土皮切夫区)的泽姆哥来沼泽地，以全矿物質肥料为基肥的条件下(施用黄鉄矿渣 5 公担/公頃)曾获得大麻纖維的增产量 5.7—26.0 公担/公頃(我們引用的是最有效的結果)。試驗点的泥炭是低位的，腐熟得很好，是由苔殘余物、灰蘚和蘆葦所組成的，其化学成份如下：灰分——29%；SiO_2——8.04%；CaO——15.75%；MgO——1.19%；P_2O_5——0.71%；Fe_2O_3——2.41%；K_2O——0.68%；Na_2O——0.25%(舍夫琴科，1948)。

在本省西部的“洛科吉”国营农場，在灰分高的低位泥炭土上，以磷鉀为基肥而未施銅时沒有获得燕麦的产量，而当施用 6 公担/公頃的黄鉄矿渣时获得的植株干重为 72.3 公担/公頃。泥炭的化学成份如下：灰分——51.91%；CaO——20.39%；MgO——0.16%；Fe_2O_3——17.62%；Al_2O_3——微量；P_2O_5——1.03%；K_2O——0.11%；N——1.54%；SO_3——0.46%；水浸液的 pH 是 7.27。泥炭中飽含鈣、鉄和不多的磷。

18. 在灰分高的低位泥炭土上銅素对猫尾草和牛尾草产量的影响(这是从 1949年我們在莫斯科省共产主义区雅赫洛姆盆地的泥炭

土上所进行的大田試驗)。 两个試驗都是在季米特洛夫集体农庄庫里科夫沼泽地做的。第一个試驗設置在腐熟度为 50% 的木質-薹屬泥炭上。1948 年在这块地上播种了沒有复盖作物的猫尾草。 1948 年沒有把杂草割掉，所以第二年春天这块地上尙留有萹蓄 (*Polygonum*) 的干茎。1949 年在这块地上設置了試驗，当时这块試驗地上长滿了杂草 (繁縷 75%，萹蓄屬 20%，有少数的莓系屬——*Poa* 和螫蕁麻——*Urtica urens*) 的幼苗。去年的杂草干茎曾被收集在一起运出地外。两个小区的面积是 124 平方米，每个小区上施用 300 克硫酸銅溶液 (30 桶，每 10 克溶一桶)。除去 1951 年外，每年春天往試驗地上施用氯化鉀 2 公担/公頃。1951年 8 月 26 日計算产量，当时猫尾草的籽粒已开始脫落。1951 年在施銅肥的小区上主要是长的猫尾草，而在猫尾草株丛間 ¼ 平方米的空隙面积上还是有一些杂草生长，它們为猫尾草所抑制。在对照小区上則相反，杂草比猫尾草多，一部分杂草比猫尾草长得还高。

产量情况如下(公担/公頃)(参看图 14 和 15):

	种 子	干 草
沒有施銅素	0.9	33
施25公斤/公頃 $CuSO_4$	3.8	54

季米特洛夫集体农庄进行了草地牧草的专門試驗。在这个农庄中有上万公頃的草地牧草播种在泥炭土上。試驗結果証明了有可能获得猫尾草种子的高額产量。

第二个試驗設置在前一个試驗的旁边，那里在 1948 年曾播种过猫尾草，但几乎全部生长了杂草。1949 年 6 月 12 和 13 日把做試驗用的地重耕了，6 月 14—15 日耙过几遍。当时 (6 月 13 日) 往四个小区上施用了带屑的硫酸銅細粉末 (为了保証均匀地施用)：在一个小区上是翻耕前施入的，而在其余的小区上是翻耕后耙地前施入的。硫酸銅的量和小区面积与第一个試驗相同。小区的位置在一排上：施肥小区与对照小区交叉着。6 月 16 日用手播下了牛尾草。 1949

年割了一次杂草。

試驗結果是 1951 年 7 月 4 日計算的。由于在植株中牛尾草多而高大，所以施銅肥小区的正方形很明显。但是在翻耕前施用銅素的小区中，銅素的效果很小（在这一小区中沒有計算产量）。



圖 14 銅肥对猫尾草的影响（以硫酸銅的溶液澆灌猫尾草和杂草的幼苗）

在未施肥小区的植株中將近 40% 是翦股穎（*Agrostis alba, A. vulgris*）和 20% 左右的莓系（*Poa pratensis, P. palustris*）。除了牛尾草，还成簇的或单独的发現了以下一些植物：猫尾草（*Phleum pratense*），匍枝毛茛（*Ranunculus repens*），拳参（*Polygonum Bistorta*），蕁麻（*Urtica urens*），长叶水苣蕒（*Veronica longifolia*），繁縷（*Stellaria media*），离母草（*Matricaria inodora*）等等。获得了以下产量（公担/公頃）：

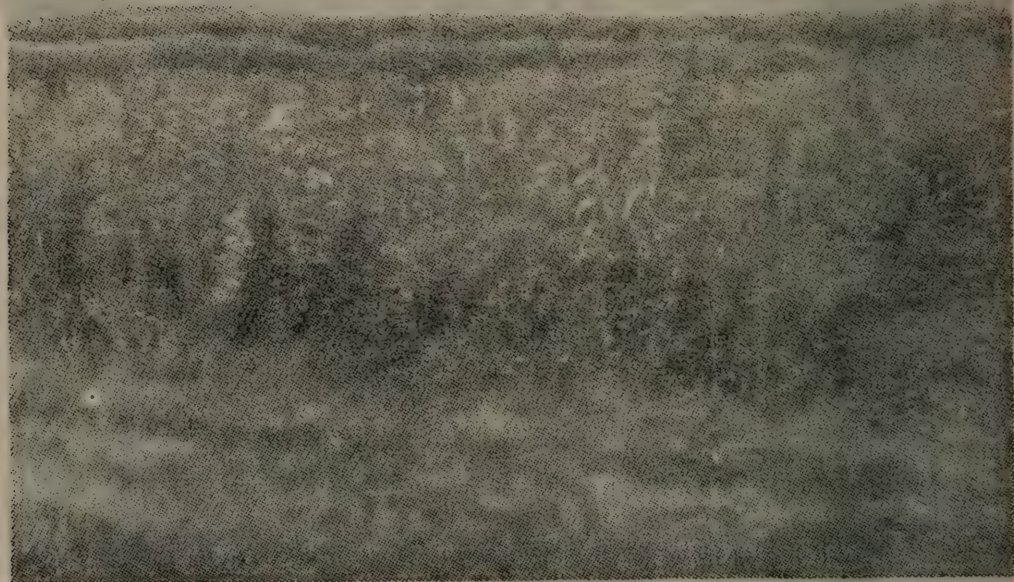


圖 15 沒有施銅肥对照小区上的猫尾草和杂草

	干 草	牛尾草(%)
未施銅素	27	14
施25公斤/公頃硫酸銅	40	44

施用銅肥不仅提高了干草的产量(自 27 公担/公頃提高到 40 公担/公頃),並且还改善了它的植株成份(在植株中增多了猫尾草的数量)。1953 年在庫里科夫沼泽地的两个集体农庄中将播种 200 公頃以上的牧草。施用銅肥乃是提高牧草产量和較长久地保存草层栽培成份的最重要的措施。

把这两个試驗地取来的耕作层的泥炭进行了分析，現将分析結果列入表 24 中。表中也列入了另一泥炭样品的分析結果,这一泥炭样品是从伯尼洛沃沼泽地的試驗田中取来的。

在富含三氧化二物(主要是三氧化二鉄)和磷的泥炭上获得了銅

素对产量的良好結果(表 23 和 24); 而在含有“不能溶解的殘余物”, 換句話說,即在含有冲积黏土和冲积沙土(在赫沃斯托夫卡河氾濫沉积的伯尼洛夫沼泽地上)的泥炭土上,确定了銅素对产量沒有作用。

表24 农业化学分析結果

取样地点	含量(占干物重的%)						pH
	灰分	不能溶解的残余物	P_2O_5	Fe_2O_3 Al_2O_3	CaO	MgO	
庫利科沃沼澤地	32.08	4.46	4.51	16.69	3.49	0.24	5.88
伯尼洛夫沼澤地(在这里銅素沒有效力)	33.15	18.67	0.95	7.21	3.33	0.60	5.94

在含有鉄和磷的泥炭土上,要获得产量就必需施用銅素肥料。曾发現在有蓝鉄矿的泥炭土上,銅素有良好的作用。同时当往泥炭中施入过量的可溶性磷时,可以人为地加剧植物缺銅的徵候。但是当低位泥炭土中仅含有而甚至是少量的冲积泥砂时(例如在莫斯科省的泥炭試驗站——在含灰量的 21.1% 以下)表現不出来施用銅肥的必要性。同时应当說明仅富含重积泥砂、重积黏土等的泥炭是含灰量高的泥炭类型。

試驗和實驗室工作的結果

低位沼泽地的种植在苏联广泛地推行着。过渡沼泽地和高位沼泽地的种植目前在苏联具有很大的意义,在具有貧瘠沙土和沙壤土而又具有为泥炭燃料工业开採着的巨大泥炭面积的广闊低地(梅舍尔斯克、伏尔加上游、巴拉賀尼恩斯克等地)上,有扩大种植的良好条件。

在耕作中位和高位泥炭时需要中和这些泥炭土的自然酸性,也就是說需要施用石灰。同时正如很多試驗已証明的,必須同时施用

銅和其它微量元素。

当过去对施用銅素肥料和其它微量元素肥料的效果缺乏足够認識时，在高位沼泽地和过渡沼泽地上获得农作物的产量是很困难的。

关于在这些沼泽地施用石灰而为植株創造良好土壤反应的問題，被認为是最困难的，因为施用过多石灰时产量会很快下降，糾正这一点的有效措施現在还未了解。由于施用鹼性肥料必然导致石灰質过多。同时还发現，在腐熟得透的高位泥炭中，石灰过多的害处比在腐熟差的泥炭中大得多。

为了防止石灰过多，曾施用了錳肥，同时还施用了酸性的以及生理上酸性的肥料，这些肥料产生了良好的效果，但沒有把肥力完全恢复过来。我們想出了泥炭土壤施石灰过多不結实的各种解释（各解释經常矛盾），但是确定在泥炭土上研究微量元素普通方向的工作假設未被表明。

由以上所引用的試驗結果中可知，当高位和低位泥炭土的 pH 低于 4 时[1]，在这种泥炭中銅素肥料对燕麦的产量表現了良好的作用。当一般的石灰数量（2吨/公頃 CaO）不能使 pH 达到 4 时，或者是当在未施石灰底肥而施銅素时（图 7 和 8，表 6，10，13，14）都发生了这种情况。

例如在中位泥炭典型样品 4、5 和 6（表 13），在未施用石灰条件下（pH = 3.60—4.21）和施用石灰条件下（pH = 4.00—4.89）的試驗 9 中，銅素使燕麦的籽粒产量达到了最高的产量——19—22克/盆，对所有泥炭样品来說都是相同的，並且藁稈和籽粒重的比例也是近似的。这就是說銅素比石灰起了較广泛的作用。这一点特别重要，因为不施用石灰，而逐漸地以施用鹼性肥料和生理鹼性肥料方法也可能中和一些种类的泥炭对植物的有害酸度。銅素肥料能够补救

1）pH 值是在土壤和溶液的固定容積比率下（按照砂子和一个当量的 KCl 溶液重量比为 1:2.5）以[illegible]合苯二酚电極的[illegible]米突制測定的。

由于施用石灰数量不足而引起的歉收。

在 pH 值为 4—6 的情况下銅素肥料对燕麦所起的作用是各种各样的，看来这种差别决定于泥炭中植物可吸收态銅素的存在（表10,13,14)。当测定銅素的总含量时曾获得以下結果:在泥炭样品 9 中含有銅素 $0.3 \times 10^{-3}\%$，銅素对大麦产生了良好效果，而在含銅 $1.1 \times 10^{-3}\%$ 的样品 3 中，沒有表現出作用来（表 10 和表 15)。生长着植物的、几乎未分解的上层泥炭（从此层中取的样品 3）經常要比其下层泥炭(此层是上層生长着的植物获得营养物質的源泉)含有的植物营养物質丰富些。泥炭也象土壤一样,被利用了一年,通风和干燥得都很好,因之,此种泥炭中含有很多植物可吸收的氮、磷和鉀,而按照类似的情况来看,应当假定其中同样含有銅和其它微量元素,但是在这种高位泥炭中,由于其容积重小,銅素的积蓄要比其它泥炭样品中的少。无怪乎在这种泥炭的試驗 7 和試驗 8 中，当施石灰的量不足时，銅素肥料对大麦和燕麦的产量表現了良好的作用。在这种泥炭中当增加石灰的施用量时，硼和錳对这些作物的产量也表現了良好的作用。亚麻对这些微量元素的施用有很好的反映，其中当 pH=4.7 时,对銅素的施用也有好的反应（表 12 和图 11)。

因之在現有的条件下以及在銅素含量相当多的泥炭中，对栽培的植物来說也表現了需要銅素肥料。

由于在泥炭中施用石灰而使 pH 值 > 6 时，銅素肥料或者对燕麦和大麦的产量沒有作用，或者是降低它的产量。例如在样品 1 中 (pH=6.1—6.3) 施用三份石灰时，銅素引起了燕麦籽粒产量的降低（表 9），而在样品 3 中 (pH ≐ 7.0)[1] 並沒有由于施銅而获得燕麦籽粒产量的显著差别,仅仅发現了傾向于良好作用的差别(表 11)。当 4 份石灰时,显然 pH 值要高于 7 ,銅素增加了黑燕麦(黑燕麦被認为

1) 样品 3 分解得較差，所以由于施用石灰的反应移动比例較样品 1 和样品 2 的緩慢小一些，这就是为什么在样品 3 中施用三份石灰比样品 1 中的 pH 值高一些的原因。

是对土中銅不足感应性弱的作物）和山黧豆的产量（图5、6）。因而銅素对燕麦和大麦的产量有良好的影响，並且也可能对山黧豆的产量有良好的影响；如果由于施用低量的石灰（pH = 3.8—3.9）和过量石灰（pH> 7）使这些作物的产量降低时，銅素还能使其接近于正常的产量。当比較正常的产量时（施用适量石灰——当 pH = 4.8—7.0）銅素的作用依据泥炭中銅素的含量而各異。当然，銅素对燕麦产量的良好影响轉为不良影响的这些轉变还是探索得很不深入的，要得到比較准确的結果，应該在各种 pH 值条件下試驗每一种作物。

因为施用石灰而使泥炭土的 pH 值> 6 时，在所有的情况下，硼素肥料或含有硼的其他各种肥料对产量都有良好的影响。当 pH 値較低时，硼素对这些作物沒有影响或者可能降低产量。同时，如果 pH < 7 时硼素能降低产量，那么銅素就能消除硼素的不良作用（表9—11，14，15）。因此当 pH> 6 时才可以施用硼素肥料。

当 pH 值 = 5.3—5.6（盐浸出液）时，在中位泥炭土上錳对燕麦表現了良好作用，当 pH 值 = 7.0—7.1（表 11 和 15）时，在高位泥炭土上錳对大麦也表現了良好的作用。在文献中有这样的記載：在酸性的泥炭土壤中以及在飽含腐植質但缺乏营养元素的极酸性的矿質土壤中，錳肥有良好的作用。显然，当石灰施过量时就应当施用硼和錳两种物質。

在泥炭土中試驗其他微量元素（鋅、碘和鉬）並同时施入銅和硼时，与单独施用銅和硼的作用比較，沒有获得显著的結果（表5，7，8，11，12，15，16，18 和 21）。

在試驗 16 的鹼性泥炭中粉状硫显著地降低了大麦的产量（表21），而在鹼性泥炭混有純石英砂的盆栽試驗中，硫使燕麦的籽粒有些增产。

文献中記載有在低位泥炭中施入 100 公斤/公頃粉状硫对产量有良好作用的材料。这一問題的順利解决是很重要的，因为解决了这个問題就能在鹼性泥炭土中施用含有硫和銅的磨碎的矿石（輝銅

矿和黄銅矿)。

关于其它的供試作物可以簡述如下:

1) 在上述pH值界限內的高位泥炭和中位泥炭上銅肥和硼肥对燕麦和大麦的作用大致相同。当高位泥炭土中的pH值 = 7.0—7.1时,硼和錳对燕麦的产量有良好的作用,而所用的全部微量元素(表10,11,14,15)的良好作用更显著。在低位泥炭土上大麦比燕麦(表17)对缺銅更敏感。

2) 山黧豆在高位泥炭土上(图5和6)发育得很好。

3) 亚麻在高位泥炭和中位泥炭土上是最需要微量元素的植物。在所有的情况下——在施銅的酸性土上以及在弱酸性和中性土上——施硼时亚麻的产量几乎都有了增加。在这些类型的泥炭土上,不施用微量元素肥料是不可能获得亚麻的正常产量的,但是还不太了解在那些条件下施銅和硼时能获得正常产量。在这些类型的泥炭土上为了使亚麻发育正常,除銅和硼外,还必須施用其它微量元素(表6—9,12,16;图1—3,8—12)。在灰分正常的低位泥炭土上,施銅时获得了亚麻健壮植株的高額产量。

在灰分含量正常的低位泥炭土中,銅素对那些对土壤中銅不足很敏感的植物产量一向有良好的作用。这是因为这些类型的泥炭灰分成份的局限性所致。在銅素含量相当高、灰分含量正常的低位泥炭样品10中(根据 Д. Н. 伊万諾娃的测定,在这一样品中銅素的含量为 $6.3 \times 10^{-3}\%$)燕麦和大麦对銅肥不太敏感。

在試驗12和13中,当在这种泥炭土上施石灰后,銅和錳对大麦表现了良好的作用(石灰本身是降低产量的)。因而,泥炭反应的变动接近中性时,也象在实际条件下于酸性強的中位和高位泥炭上施用鹼性和生理鹼性肥料一样,这种反应的变动会引起需要施用銅肥和錳肥,看来,在鹼化強的情况下谷类作物和其它作物还需施用硼肥。

在富含碳酸鈣的高灰分泥炭土上,不施銅肥是不能种植农作物

的。在富含鉄化合物的高灰分泥炭土上和飽含磷酸(蓝鉄矿)的泥炭土上，銅素对产量有良好的作用。含碳酸盐和亚鉄类型的高灰分泥炭含有的磷常常比正常灰分的泥炭含有的要多，並且很少看到单純含碳酸盐、亚鉄或蓝鉄矿的泥炭。在这三种高灰分类型泥炭上的作物也象正常灰分的泥炭一样，是非常需要鉀肥的。在含有鈣、鉄和磷化合物的地下水逕流时，泥炭並不改变本身的类型：其中留下有形成泥炭的植物羣落。当上述化合物的数量急剧地超过有机質的增长时，泥炭层就能开始質变——泥炭层变成草地泥灰石、鉄矿或蓝鉄矿，在这些岩石形成的上方土壤是沒有什么肥力的。显然，能使上述化合物进入泥炭撩荒地中去的地下水具有单方面的成份，而並未含有能保証农作物正常生长的数量的銅和鉀的化合物。

在灰分高的低位泥炭土上，由于冲积泥沙和重积泥沙、黏土和沙，泥炭的天然肥力提高了；在上述泥沙数量不大的条件下，作物对銅肥的要求沒有表現出来；对鉀肥的要求也降低了。当有大量泥沙混合物时則形成肥沃的冲积和重积矿質土壤。

随着冲积泥沙数量的增加，泥炭形成者的植物羣落会很快地被高度飼料价値的草地植物羣落所代替。

关于对不同类型的土壤施用銅素数量的問題还不能認为是已被解决了。

在一般所建議的每公頃施入 25 公斤的硫酸銅中，含有銅素 6.3 公斤，而在所建議的每公頃施入 5—10 公担的黃鉄矿渣中，含有的銅素要少½—⅔。硫酸銅和黃鉄矿渣中銅素用量的以上差別是因为：黃鉄矿渣的銅素在田間的分佈比硫酸銅的均匀，所以也就比硫酸銅容易被植物所吸收。同样还可以假定，除銅素外，黃鉄矿渣中所含有的其它元素，对产量也有良好影响。但是在銅素用量上这一差別的更正确的解释是：在黃鉄矿渣中含有过多的銅素。施入比植物需要量有很大过剩的所有銅素化合物几乎对产量都同样有良好的作用，並且按照上面所引用的材料（图 3），亚麻对施入在用量上相差百倍的

液态銅都有良好的反应。

銅素用量的大小依土壤和植物而有所不同。在緩冲性小、腐植質含量少(泥炭腐熟度差)的土壤中,銅素用量比在緩冲性大、腐植質含量高(腐熟好的泥炭)的土壤中要少一些为宜。例如在样品9中(表15),当銅素对大麦产量有強烈的作用时,所获得的产量倒底是不正常的:籽粒容重低,藁稈比籽粒重得过多。这就使我們可以假定为施用一般銅素量的缺点。

在施氮肥和未施氮肥的条件下細菌剂 AMБ 对大麦的产量都沒有良好的作用。但是,微生物对上述試驗的結果还是发生了影响,这可以从以下的比較中得出結論来。当盆中的产物收获后,在一些情况下,施全套微量元素处理中的泥炭反应比对照处理中的泥炭反应急剧地减弱了。这种减弱是不能以微量元素盐类和硼酸使泥炭酸性活化来解释的,因为在每盆施用6克 NPK 可溶性盐为基肥的条件下,其数量低于0.1克/盆。由于微生物生命活动的結果才可能发生上述泥炭反应的减弱,因为在仅施銅素处理中的大麦产量比施用全套微量元素处理中的高,可是施銅处理中的泥炭反应倒比对照处理中的泥炭反应加強了。对照盆(表15和16)中的产量差是可以部份地以微生物的生命活动来解释的。

結　　論

1. 植物需要銅就象需要营养元素一样。土壤中缺乏植物能吸收的銅素时,在植株上表現出各种特徵来,这种缺銅特徵依缺銅程度、植物本性和伴随的条件而有所不同。例如燕麦植株,分蘖后,当特别缺銅时叶子变白和枯萎;不能抽穗;形成新的側茎,不能获得产量。当不太缺乏銅素时,仅仅观察到籽粒的容重降低,藁稈和籽粒間的重量比要超过1.5:1。

缺乏銅所表現出来的特徵是植物的生长和发育迟緩,因此就抑制了生殖器官的形成。这一点总是表現在受害植株的化学組成上。

可观察到叶子和藁稈中氮、磷、蛋白質、醣的增加，这是因为以上物質自叶內向籽粒轉移受到了抑制。受害植株(亚麻和大麻)在幼龄时卽枯萎。当土壤中缺銅过多而又存在可吸收态营养元素时，特别是氮时，植株(燕麦、大麦、亚麻等)卽停留在一定的发育阶段上，但还能繼續生长，並到晚秋时还出現幼嫩的新側莖。

2. 在泥炭土上获得产量的条件到目前还沒有研究过。这在頗大程度上是因为很难确定某种作物低产或无收之間的因子联系，和这种作物在泥炭土上栽培时微量元素的不足情况。这个原因主要是由于缺銅和其它微量元素所发生的植物病态被泥炭土耕作特点所掩盖：春性作物的晚播，氮素单独过剩，在酸性泥炭土上由于石灰的施用量、肥料的类型和用量等使产量的极大变化。同时由于泥炭土中缺銅，不健壮的植株容易感染眞菌和其它病害，对不良温度条件的抵抗力弱，这种不健壮的植株易被較适于泥炭土上生长的杂草遮蓋起来。同时，还沒有研究出測定土壤中銅素数量(总量和植物可吸收态量)的实际可行的方法。

土壤中銅素总量的測定，已得出了自相矛盾的結果，並且对农业实践来說适用性很小。其主要缺点是不能滿意地鑑定出所分析的泥炭土的种类。

3. 在泥炭土上为了获得所要求的产量而施用銅肥和其它微量元素肥料的必要性，是要根据泥炭种类、泥炭中灰分的特性、灰分的量和質的組成及起源的測定准确性来决定的。在植株上，特别是常常作为沼泽地上第一批作物的燕麦植株上，表現出来的缺銅肥和其它微量元素肥料的相应的病徵，是决定在泥炭土上施用銅肥和其它微量元素肥料的必要性的其它标准。

4. 所有正常灰分泥炭沼泽地含有的銅、硼、錳和其它微量元素的貯存量都比别的土壤中这些微量元素的貯存量要少。在泥炭土中所含有的銅素被土壤有机物質很稳定地固定成植物很难吸收的化合物。在农业技术措施的影响下泥炭土中所含有的銅、硼和錳被植物

吸收的程度是可能改变的。

5. 在有耕作层的泥炭土上，有正常灰分的泥炭，为了获得农作物的高額产量，必須施用銅肥、硼肥和錳肥，並且比在其它土壤上施得还要勤一些。

当在高位沼泽土和过渡沼泽土上耕种时，若不施用銅肥和其它微量元素肥料则不可能获得輪作中所有作物的稳定产量。

在施最适量石灰的大多数情况下，能够获得燕麦、黑麦、馬鈴薯和一些其它作物的高額产量（当保証供給 NPK 的条件下），但是对其中的很多作物来說，石灰最适宜的施用量是有很大差別的。第一年石灰最适宜的用量所創造的土壤反应，在以后的年份中，在植物、肥料和土壤的相互影响下会混淆起来：石灰用量不再是最适合的，产量也失去了稳定性。在 pH 值为酸性的很广范围內，施用銅肥于若干年中都能保証获得大多数农作物的高額和正常的产量，而硼肥和錳肥同样也能在由 pH 值为弱酸到鹼性的范围內保証获得上述产量。

为了明确各种微量元素对产量的作用还必須繼續进行試驗研究工作。

6. 高灰分的低位沼泽地泥炭，按照銅素的含量，是依据这种沼泽地中所有的混杂物的起源和成份按下列方式分类的：

1）富含地下水內来的石灰、磷（蓝鉄矿）和鉄的化合浸潤物的泥炭。因为碳酸盐和磷酸鈣盐可以沉淀溶液內的重金屬（銅素也是屬于重金屬），所以自然可以假定，在富含这些盐类的泥炭摞荒地的地下水中，未必可能具有大量銅素。

在以上所說的泥炭类型上，特别是在富含碳酸鈣的泥炭上，为了获得农作物正常发育和高額产量必須施用銅素肥料。

2）富含黏土、淤泥、沙子的冲积和重积泥沙的泥炭。这种泥炭富含植物灰分营养料的全部元素，其平均量的大小取决于矿質冲积土的多寡。在这种泥炭上施用銅肥时对产量並不发生作用。

3）巴拉賓草原的盐漬沼泽泥炭。根据烏賓試驗站的材料，在这

种泥炭土上銅素对产量也不起作用，而对鉀肥的要求量比对磷和氮肥的要求量少。大概盐漬化水本身带来了一些数量的鉀和銅。

4）在沼澤地底部与矿質层混合起来的泥炭。沒有試驗过这种泥炭中的植物可吸收性的銅素含量。因为含碳酸盐和矽的腐植質下边是水池起源的低位泥炭，两者都富含碳酸鈣和缺鉀，据此可以假定，两者都含銅素不多。

7．具有很高灰分的泥炭过渡型沼泽地和高位沼泽地（很酸的）是非常少見的。这种泥炭可能在有限程度上富含石英砂，石英砂是从隣近沙丘上吹来的，所以很少影响到栽培于这种沼泽地上的植物的营养状况。

在燃料工业的沼地开发中，中位泥炭或高位泥炭因垦掘而与沼泽底部的矿質层混合起来。这一点发生在貧瘠的沙土和砂壤土地区，在这些地区中由于缺乏植物的灰分养料元素，很快就开始中位或高位泥炭的形成过程（由土壤生成过程所构成的草地阶段和生草地时期的低位沼泽阶段表現得不明显）。在这些混合物的准备試驗中目前还沒有确定出銅素对燕麦产量的有效影响，但是植株对土壤中缺銅很敏感，所以在长期栽培时这种有效作用是必然要表現出来的。

8．在与泥炭沼泽有发生上的联系的矿質土壤上銅素对植物表現了良好的作用。在沼泽化中性（碳酸盐）暗色的和泥炭的土壤上，包括在砂壤土上（在这种土壤上鉀肥对作物有強烈的影响——特立兹諾，1939；皮以味，1942），发現了銅和硼对农作物的影响。毗連日耳曼海和波罗的海沿海省份的富含腐植質的沙土，也屬于这种土壤类型。

9．在上述土壤上銅素以及硼和錳对产量的作用，仅仅在保証充分供給鉀、磷和氮（可吸收态的）、並且在消除土壤強酸性反应的条件下方能表現出有效作用。在不能充分供給作物任何种元素的条件下，施銅时可能增产，但产量还是很低，常常証明肥料的消費是无效的。此外，重要的是，微生物的活动也在上述微量元素对高等植物产

量的影响中产生有效作用的条件，但对这些条件是研究得不够的。当土壤中銅不足时微生物在需要銅方面可能是高等植物的竞爭者。

另一方面，在相当良好的条件下，由于微生物活动的結果，施銅肥能引起泥炭土中植物不能吸收的氮轉为可吸收态，但是这一問題还应当进一步研究。

施銅肥能直接影响到土壤条件，在很多情况下能改善它，以下例子可証明此点：施用銅肥可以糾正植物发育的不正常現象，这种不正常現象是由于土壤中都有过多的植物可吸收态的氮或磷所致。

10．在由于銅素不足使植物受損害的土壤区，可以发現有角牲畜的"干痨"、"嗜異癖"、"沼泽病"等疾病，这些疾病都与植株（飼料）內銅和鈷不足有关。

当把植物栽培在施用銅和鈷肥的条件下时，則牲畜不出現上述疾病的病徵，尽管鈷对作物产量的影响还未被肯定下来。

參考文獻

Александров В. Л. 1937. Действие медных удобрений на болотных почвах. Материалы опытно-исследовательских работ опорных пунктов СНИИГМ. Вып. 1. Новгородский опорный пункт. Л.

Антипов-Каратаев И. Н. 1947. О подвижности меди в почвах. Журн. «Почвоведение» № 11.

Бахулин М. Д. 1934. К вопросу о действии извести, магния и меди на верховных торфяниках. «Химизация соц. земледелия», № 7.

Бахулин М. Д. 1936. Эффективность меди и бора на верховом торфе на льне. Сб. авторефератов научно-исслед. работ за 1932—1934 гг., ВИУАА.

Бахулин М. Д. 1944. «Беззерница» овса на кислых торфяных почвах. Научный отчет ВИУАА за 1941—1942 г., М.

ВАСХНИЛ. 1940а. Применение микроудобрений. Материалы совещания по вопросам применения микроудобрений при секции агрохимии от 25—28 сентября 1939 г.

ВАСХНИЛ. 1940б. Применение удобрений на болотных почвах.

ВАСХНИЛ. 1941. Применение микроудобрений. Доклады, заслушанные на совещании по вопросам применения микроудобрений при секции агрохимии 25—28 сентября 1939 г.

Вильямс В. Р. 1949. Почвоведение Избр. соч. в двух томах, т. II, М.

Виноградов А. В. 1940а. О металлургическом сырье на сернокислотных заводах. «Журн. химич. пром-сти», № 11.

Виноградов А. П. 1940б. Содержание меди в различных почвах. Докл. АН СССР, новая серия, т. XXVII, № 9, М.

Виноградов А. П. 1945. К химическому познанию биосферы. «Почвоведение», № 7.

Вопросы кормодобывания. 1947. Всесоюзный научно-исслед. ин т кормов. М.

Гусова К. А. 1940. Действие меди на водоросли. «Микробиология», т. IX, вып. 5.

Запольский Г. И. 1948. Применение борных и медных микроудобрений на лугах. Сб. работ Ленингр. обл. с.-х. опытной станции, вып. 19—20, Сельхозгиз.

Золенов В. Г. 1940. Действие удобрений, содержащих медь, на торфяных почвах. Тр. ТСХА. т. V, вып. 1. «Агрохимия», М.

Зенюк А. В. 1937. Медные удобрения под зерновые культуры на осушенных болотах. Всесоюзный институт болотного хоз-ва, М.
Иванов Д. Н. 1950. Распространение меди в почвах СССР. Рефераты докладов на конференции по микроэлементам. М. Изд. АН СССР.
Иванов Д. Н. и Седлецкий И. Д. 1946. К освоению торфяно-болотных почв. «Почвоведение», № 12.
Каталымов М. В. 1948. Значение бора в земледелии СССР Сельхозгиз.
Лазарев А. М. 1939. О причинах действия меди на болотных почвах. «Химизация соц. земледелия», № 7.
ВАСХНИЛ, М. 1939. Осушение и освоение болот.
Мосолов И. В. 1948. Некоторые особенности азотистого обмена в растении при отсутствии меди в почве. «Сов. агрономия», № 6.
Пейве Я. 1942. Верховой торф и зола, как заменители борных удобрений для льна. Молотовское обл. изд-во. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 3—4.
Седлецкий И. Д. 1950. О роли меди в почвах и характере ее состояния в них. Рефераты докладов на конференции по микроэлементам. М. Изд. АН СССР.
Седлецкий И. Д. и Иванов Д. Н. 1944. Содержание меди в главнейших типах почв Союза ССР и спектральный метод определения. Современные агрохимические методы исследования почв. Изд. АН СССР, т. V, вып. 1.
Сельскохозяйственное освоение болот. 1940. Институт болотного хозяйства. М.
Скопинцев Б. А. и Голубева М. Т. 1939. Удаление Cu из природных вод. «Журн. прикладной химии», т. XII, вып. 6.
Соловьев А. И. 1935. О медном купоросе. «Журн. химич. пром-сти», т. XII, вып. 8.
Стайлс В. 1949. Микроэлементы в жизни растений и животных. Издательство иностр. лит-ры, М.

Тризно С. И. 1939. К вопросу об агротехнике пластовых культур на заболоченных землях Ярославской и Ивановской областей. Тр. Ин-та болотного хоз-ва, т. II, вып. 1, Минск.
Тюленев Н. А. 1939. Новые данные в области исследования торфяных почв при возделывании на них сахарной свеклы. «Свекловичное полеводство», № 10—11.
Шевченко М. Н. 1948. Migni добрива на осушених торфовищах. Киев.
Школьник М. Я. 1947. Проблема микроэлементов в свете новейших данных. «Природа», № 9.
Шлоссберг И. Л. и Некрасов И. А. 1940. Пиритные огарки, как ценное сырье для промышленности. «Журн. химич. пром-сти», № 11.
Brüne Fr. 1940. Preussische Moor-Versuchsstation zu Bremen. Wissenschaftlicher Jahresbericht 1938/39. Landw. Jahrb. Bd. 90, H. 1.
Brüne Fr. 1941. Gefäss- und Feldversuche über die Brauchbarkeit einer gemahlenen Kupfershlacke der Norddeutschen Affinerie. Hamburg als Kupferdünger. Boden kunde u. Pflanzenernährung. Bd. 20 (65), H. 3/4.
Gisiger L. a. Hosler A. 1948. Neure Beobachtungen über die Ursachen der Dürrfleckenkrankheit beim Hafer. Plant and Soil, v. I, No 1.
Piper C. S. 1942. Inostigation on copper definiciency in plants. The journal of agricultural science, v. 32, p. 2.
Rademacher B. 1940. Über die Veränderungen des Kupfergehaltes, den Verlauf der Kupferaufnahme und den Kupferentzug beim Hafer. Bodenkunde und Pflanzenernährung. B. 19 (64), H. 1/2, Berlin.
Riceman D. S., Donald C. M. a. Evans S. T. 1940. Futher investigations on cupper deficiency in Plants in south Australia. Commonwealth of Australia council for scientific and industrial Research. Pamphlet, No 96, Melburne.
Sommer Anna L. 1945. Copper and plant growth. Soil science, v. 60, No 1.
Steenberg Af. F. 1940. Kobber i Jord og Kulturpflanter. Med sacrligt Henblik paa Gulspidssyge. Tidsskirft for Planteal. B. 45, H. 2.

[張旭州譯 陈业文校]

在泥炭土上銅在植物体內的生理作用

A.C.奧康念科　Л.К.奧斯特洛夫斯卡婭

在許多學者的研究中都发現了銅对泥炭土上栽培的禾本科植物、直根类作物和牧草的特殊作用。

銅肥在泥炭土內所以有很高的效果，主要是因为泥炭土的总含銅量低（維諾格拉多夫等人，1940）和不能有足量的銅供給植物。虽然大家都知道，銅是某些酶的組成部分（如多酚氧化酶、抗坏血酸氧化酶）；同时也有人指出它对叶綠素的形成和稳定及含氮物質与碳水化物的代謝、維生素形成等方面的作用，但对銅在植物体內的生理作用現在还研究得不多。A.M.拉扎列夫（1939）証明，在泥炭土上植物的发育受到抑制是由于亚氧化物的有害作用所致，特别是亚氧化鉄，它在泥炭中的含量約为2%（总含鉄量为6—10%）。然而拉扎列夫認为，銅可以消除植物体內亚氧化物的毒害作用，而在土壤中卽无此作用，因为在施入硫酸銅时，土壤中亚氧化鉄的数量並无太大的变动，而將銅盐噴洒到叶片上，則对植物的生长有良好的作用。

銅对橡胶草中形成橡胶的作用还缺乏研究，然而大家都知道，卽使混杂有少量的銅，也会对橡胶的品質发生不良的影响。

我們曾經在苏帕沼泽排水地的彼列雅斯拉夫-赫美里尼茨区（基輔省）、潘菲里沼泽試驗場的低位泥炭地上研究了銅对橡胶草的作用。試驗內是用生荒地泥炭，田間試驗与盆栽試驗同时进行。在供試驗的植株內，研究了氧化酶的活动性（如过氧化氫酶、过氧化物酶、多酚氧化酶），並測定它們的氧化还原电势。

盆栽試驗內施用的銅肥是硫酸銅，一般每公頃施25公斤，或施⅓，卽每公頃8公斤，另外还施用黃鉄矿渣，每公頃500公斤。



圖 1 銅对橡胶草产量的影响

1. 未施銅的植株； 2—4. 施全量硫酸銅的植株。



圖 2 不同份量的銅对橡胶草发育的影响

4 号盆——施全量硫酸銅的植株； 5 号盆——未施銅的植株；
6 号盆——施 ⅓ 硫酸銅的植株； 7 号和 8 号盆——施黃鉄矿渣的植株。

在未施銅和施黃鉄矿渣的处理內，植株从一开始生长就显著地落在后面。施用 ⅓ 硫酸銅的植株，与施用全量硫酸銅的沒有什么区别。

1949 年 7月1日所拍摄的照片表明(图 1)，未施銅和施黃鐵矿渣的植株，此时的生长情况已远远地落后了。然而在 7月中旬，植株的生理状況开始有了一些轉变：如植株开始旺盛地生长，到 8月初，它們就完全复原了，甚至比許多施全量銅的处理还好一些(图2)。

7月4日，在未施銅的处理內，植株的根重只佔施銅植株的 10%，而到 9月16日几乎佔 60%。

到生长末期(9月)，所有处理內的植株都开始逐漸枯萎，只有未施銅的和施黃鉄矿渣的处理例外，到收穫前植株的叶片仍保持幼嫩状态，沒有衰老的样子。

施 ⅓ 硫酸銅的处理，叶丛在生长期間的发育不算太坏，虽然橡胶的含量有所提高，但块根产量略低于表現最好的处理(表 1)。

表 1　銅对橡胶草的生长和積累橡胶的影响(盆栽試驗)

銅肥的施用量	百根重		橡膠含量 (%)
	克	%	
全量銅(每盆內施 100 毫克 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$)…………	631	100	4.64
⅓ 量銅(每盆內施 30 毫克 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$)…………	526	83	5.16
全量銅(2 克黃鉄矿渣)…………	434	69	4.17
未施銅…………	365	58	3.94

以黃鉄矿渣作銅肥来源的植株，块根的产量大大降低，而橡胶的含量則略有提高。

未施銅的植株只是在生长后半期才开始正常生长和发育，因而使根重显著降低(为表現最好的处理 58%)，因时橡胶的含量也有些減少。

这些植株的生物化学研究証明，有机体內已发生內部变化，这反

映在酶器官的改組上，从而使植株的发育在7月中旬有明显的轉变。

表2說明了栽培在不同营养条件下的植株，在根部和叶片內的酶的活动性上有那些变化。

試驗結果証明，在未施銅的植株的根部和叶片內，多酚氧化酶(銅复朊)的活动性很弱。此外，无論在幼龄时期或生長末期，将这些植株的叶片用蒸气加以固定，並随后晾干时，均未使其变为褐色，仍保持着翠綠色。而还原态維生素C的含量增多也是这些植株的特点，这正与多酚氧化酶的活动性降低相符合，因为这种酶在氧化維生素C时要借助多元酚。

表2　酶的活动性的分析結果

分析日期	試驗处理	叶片				根部		
		多酚氧化酶	过氧化氫酶	过氧化物酶	維生素C(还原态)	多酚氧化酶	过氧化氫酶	过氧化物酶
7月4日	$N_{NO_3}PK+Cu$……	—	30.6	2	12.4	—	—	—
	$N_{NH_4}PK+Cu$……	—	28.1	2	14.8	—	—	—
	$N_{NO_3\cdot NH_4}PK$……	—	28.7	1	16.8	—	—	—
8月17日	$N_{NO_3}PK+Cu$……	29.0	36.6	10	5.6	—	5.9	8
	$N_{NH_4}PK+Cu$……	16.0	37.8	8	2.4	—	4.9	8
	$N_{NO_3\cdot NH_4}PK$……	2.5	40.0	8	6.4	—	6.9	8
9月16日	$N_{NO_3}PK+Cu$……	27.0	28.8	16	5.6	5.0	4.8	12
	$N_{NH_4}PK+Cu$……	17.0	23.3	15	4.0	3.8	4.5	12
	$N_{NO_3\cdot NH_4}PK$……	2.5	40.6	12	7.0	1.3	5.8	14

到7月中旬当植株的生理状况有所轉变时，未施銅的植株在过氧化氫酶的活动性上依然如旧。轉变后所作的分析（8月17日）则表明，未施銅植株的根部和叶片的过氧化氫酶的活动性比施銅植株要強一些：如9月16日，后者过氧化氫酶的活动性降低了，而未施銅的植株仍保持原狀。

至于过氧化物酶的活动性，並不因为植物的发育有所轉变而发

生任何变化。但在橡胶草的生长期間，常常可以看到根部和叶片內过氧化物酶的活动性有增高的現象。在未施銅植株的叶片內，整个生长期內过氧化物酶的活动性都較低，而在第一次測定时（生理轉变以前），它的活动性几乎低到沒有。

因此，当未施銅的植物組織在生理特性变化期間，过氧化氫酶活动性的提高好象是补偿多酚氧化酶活动性的降低。而过氧化氫酶有較強的活动性也可能仅仅是这些植株的組織在生长后半期的生理活动性的标誌。

在盆栽試驗內，对施全量銅与未施銅的植株叶片的呼吸強度所作的比較測定証实了后一种假定是正确的。呼吸气体的交換是在9月測定的，結果如下：

呼吸气体的交換强度

（100克叶片在1小时內）

处理	O_2的毫升数	CO_2的毫升数	$\frac{CO_2}{O_2}$
施銅	51.8	59.9	1.15
未施銅	89.8	93.4	1.04

未施銅的植株，叶片的呼吸強度要比施銅植株的叶片高50%。

根据Д. М. 米赫林、П. А. 柯列斯尼科夫（1947）和H. H. 克留科夫关于植物的呼吸系統随年龄而发生变化的一些研究可以初步推測到，在橡胶草一定的发育阶段上，对呼吸过程起主导作用的多酚氧化酶系統可以由黄素系統来代替，从而对銅的需要也減少了。在这种情况下，我們也可能看到植物积极地适应不良的外界环境条件。

假如在橡胶草的个体发育中，呼吸系統有規律地进行更換，並且多酚氧化酶系統仅仅在发育初期起作用，那末，这就可能成为一个理論根据，說明可以将生长初期相当多的施銅量減少一些。

关于銅肥对多酚氧化酶和过氧化氫酶活动性的影响，我們在文献中也曾遇到类似的資料。大家都知道，随着营养液內銅的数量增

加，氧化酶的活动性也逐渐增強，而过氧化氫酶的活动性却降低了。因此，缺銅时，过氧化氫酶的活动性增強，氧化酶的活动性則降低（在我們的試驗內也同样如此）。

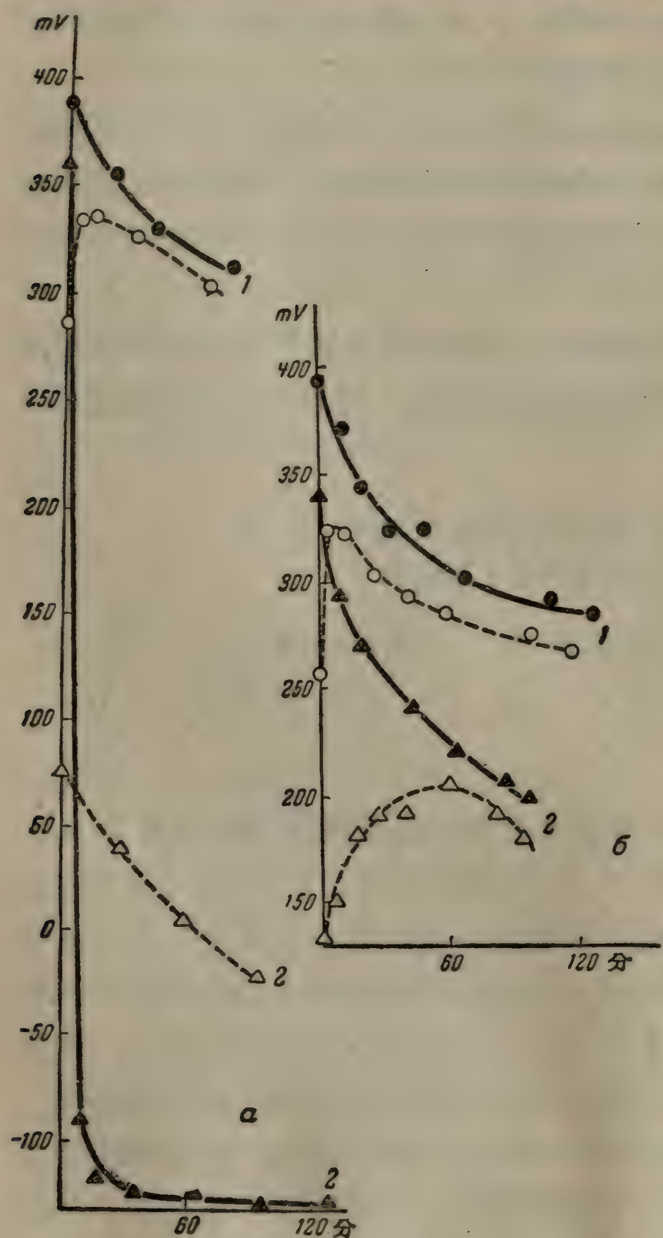


圖 3 在橡胶草叶片的汁液內电极的去极化作用

a. 1949 年 7 月 4 日； б. 1949 年 8 月 17 日；

1.——施硫酸銅的植株； 2.——未施銅的植株。

除了过氧化氫酶的活动性增強以外，缺銅植株的生理轉变也反映在氧化还原电势的变化上。

极化电极的測定結果表明了未施銅的植株，在叶片的氧化还原电势上与众不同的特点（奥斯特洛夫斯卡婭和奥康念科，1948）（图 3）。当生理轉变呈現之前（7 月 4 日），在 Pt–Cu^{++} 系統內带有正电的电极电势卽被叶片的汁液所解除，电极电势在 10 分鐘內卽由 + 0.360 伏降至 −0.109 伏（对标准氫电极来說）。带有負电的电极电势也降低了，降低数值与正电极大致相同，因为採用 Fe–Fe^{++} 系統的极化作用时，也是在这种环境下表現过

高。生理轉变之后，在未施銅植株的叶片內，电极的去极化作用曲綫卽低于其他处理（正如我們的資料所証明，通常根部所特有的电势区要比叶片的电势低得多），但是这些曲綫总的特性都是平常的。象在生长初期那样阳极电势的急剧下降或电势如此之低並沒有观察到。此时叶片的电势降低說明它們的还原能力較高。

我們根据橡胶草根部的还原力較強以及还原力与积累橡胶能力相适应的实驗資料，可以意料到，叶片电势的显著降低可能对根部累积橡胶有某种影响，然而这种情况並未发生。

未施銅的植株，无論在生长或形成橡胶上都表現受抑制的样子。显然，我們在缺銅植株的叶片內发現最大电势急剧降低是一种病理現象。

氧化还原反应对植物的正常生长和发育应該有一定关系。很可能由于缺銅和多酚氧化酶活动性的显著下降，而使氧化还原过程中整个鏈环上的一个环节中断了。我們发現，阳极电势的急剧下降，只是在电极上的这个过程不能得到或几乎不能得到任何相反方向的过程弥补时才发生的。

在噴洒过波尔多液的橡胶草叶片內直接測定电势的試驗，說明供給足量的銅可以提高电势，从而有条件来补充氧化还原反应的鏈环中所缺少的环节。在这些植株內，只有当电势比未噴洒波尔多液的植株叶片和根部有一定提高时，才能使这些植株的含銅量增加（图4）。

如表 3 所示，噴洒波尔多液后块根的产量有所提高，但根內橡胶的含量却降低了。

表 3　波尔多液对橡胶草根重和橡胶含量的影响

实 驗 处 理	百根重（克）	橡胶含量（%）
对照……………………	920	5.60
噴洒三次波尔多液…	1070	4.52

在上述盆栽試驗內（表 1）也发現，当叶片組織的最大电势提高时，施全量銅会降低橡胶的含量；施全量銅对提高产量很合适，

但橡胶含量只有4.64%；施⅓銅时，产量虽然降低了一些，可是橡胶含量却提高到5.16%，未施銅的植株，橡胶含量为3.94%。

在田間試驗內也可以看到，减少施銅量能提高橡胶的含量。下面就是潘菲里試驗地上的田間試驗結果：

	橡胶草块根产量（公担/公頃）	橡胶含量（%）
$CuSO_4$ 25公斤/公頃	44.2	4.60
未施銅	44.6	5.06

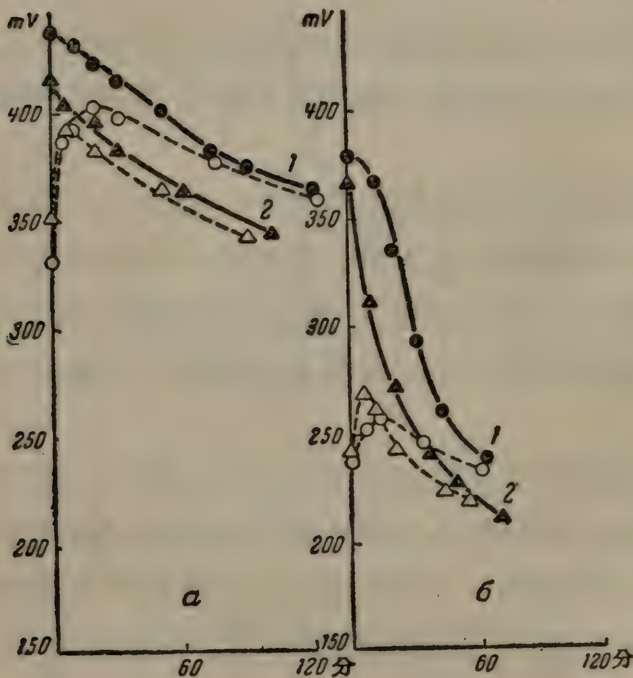


圖4　橡胶草的叶片和根部对电极的去极化作用
a. 噴洒波尔多液后經过7天的叶片和根部；
6. 对照植株的叶片和根部。

在未施銅的小区上，植株並未显出受抑制的样子，产量也正常。但用这块地的泥炭所作的盆栽試驗內，正如以前所表明的，未施銅的植株在生长上远远地落后于对照植株。虽然是由于这块地的地下水位較高（由于沒有排水和降雨量較多的緣故），致使少量的、但足够植物需要的銅自施銅肥的小区轉移到鄰近未施銅的小区內。因此，未施銅的小区也含有一定数量的銅，使植物能够正常发育，並由于含銅量較低，所以橡胶的含量也較高。

有人認为，只有当施銅量对建立一定的电势有利时，才能促使橡胶大量积累，再增加施銅量虽然对植物的生长有利，但却减少了橡胶积累的数量。这就說明了为什么有时銅可以提高橡胶的含量，有时

可以提高块根的产量。例如在我們的沙培試驗內就出現过这种情況。1947 年，我們在这些試驗內由于补施銅肥而获得增产，而在 1948 年使橡胶含量提高了 1.0—1.5%（表 4）。

看來，对橡胶草生长最有利的施銅量並不很高，这使我們想起 E.B. 波布克和 E. 潘諾娃的工作（1945），他們認为，在泥炭土上，对橡胶草最合适的施銅量要比大麦和燕麦低得多。

表 4 在沙培試驗內銅对橡膠草的生长和積累橡膠的影响
（1949 年的盆栽試驗）

營养条件	平均根重	橡膠含量（%）
第 1 个試驗:		
NPK	7.97	3.55
NPK+Cu	6.72	4.46
第 2 个試驗:		
NPK	9.47	3.13
NPK+Cu	9.15	4.51

橡胶草对銅的毒害作用很敏感，並且根部开始停止生长和发育的現象要比地上部分早一些。

銅对橡胶草的生理作用显然是在于通过保証多酚氧化酶的正常活动来維持最合适的氧化还原电势。

目前有許多著作表明，缺銅的表現与植物氮素代謝的破坏有一定的相互关系。

研究結果确定，油桐树（*Aleurites*）缺銅时，除果实重量和出油量減少外，蛋白氮、总氮量和醯胺的数量都有增加，氨基酸的数量減少。

在許多試驗中观察到，追施过多的氮肥会使植物的缺銅病征更加明显。同时在缺銅和氨中毒时，植物代謝作用的破坏有許多相似之处，即蛋白氮的含量和总氮量增多，氨基酸的数量減少。

碳水化物不能累积下来，而复杂氮化物的合成作用却加強了。

学者們对这些事实有不同的解釋，有人認为，生长加強是氮肥过多所引起的，因而減少了植物体內的含銅量。然而如果銅是一个限制因子，則氮素追肥过多並不能使直綫生长增加，而同时却引起了更严重的缺銅症状。

用来解释缺銅和氮素平衡状态間的相互关系的第二种假定是認为,缺銅时頂叶蛋白質的分解作用加強了,分解产物轉移到下部叶子里。此外,由于分生組織缺銅而引起的直綫生长停止,可能使过多的氮累积下来(这些氮都是从土壤里吸收来的)。另一方面,在缺銅时看不到碳水化物的累积,而复杂氮化合物的合成作用却加強了。显而易見,很少有人仅仅根据生长过程的中止来簡单地解釋有关缺銅的一些現象。令人滿意的假定应該是把这种現象解釋为在植物的正常生长遭到破坏时,氮化合物的合成作用才会加強。

有人記載說,銅制杀菌剂与含有大量蛋白質的有机成分混合时会失去杀菌作用。另外大家也知道,在进行分析时,可以利用銅盐在鹼性溶液內产生不溶解的含蛋白質化合物的特性。因此,可以認为上述事实与由于氮的影响而加重缺銅症状之間有某种因果关系。

上述事实使我們理解到泥炭土上的缺銅現象。泥炭,特别是充分腐熟的泥炭是含有大量各种氮化合物的有机营养物。应該預料到,这些聚积起来的氮化合物将会加重缺銅現象,这首先是因为銅被固定在泥炭內和轉变为不易被植物吸收的狀态。

从 И. Н. 安齐坡夫-卡拉塔也夫的著作中可以看出,泥炭能吸收大量的銅,使其成为难以溶解的狀态,只有一小部分銅由于置換反应而游离出来。

此外,过度缺銅会破坏銅与氮的比例,使蛋白質类型和醯胺类型的氮化合物过多地累积下来,因而植物体內的銅也被它們固定起来了。

結　　論

土壤中缺銅时,发現植物內的酶系統和氧化还原过程都反常了。因此使参与氧化过程的多酚氧化酶也減少了,破坏了它們的正常活动,从还原态的谷胱甘肽和抗坏血酸的增加以及氧化还原电势的反常降低都說明了这一点。后者被解釋为由于缺少多酚氧化酶而破坏

了氧化还原过程鏈环中的一个环节所致。

电势降低說明植物是处于病理狀态，这从呼吸強度的提高上可以得到証实，例如，这种植株呼吸強度比对照高 50%。在这种呼吸強度下，要消耗大量糖分，而使植物变得衰弱。

沒有多酚氧化酶不但不会阻碍呼吸作用，反而会加強它的強度。在这种情况下，呼吸作用显然是依靠另外一种酶系統来进行的。

参考文獻

Виноградов А. П. 1940. Содержание меди в различных почвах (К вопросу о происхождении так называемой «болезни обработки» злаков.). Докл. АН СССР, т. 27, № 9.

Седлецкий И. Д. и Иванов Д. Н. 1941. Распределение меди в главнейших типах почв Союза ССР. Докл. АН СССР, т. 30, № 1.

Иванов Д. Н. и Седлецкий И. Д. 1946. К освоению торфяно-болотных почв. «Почвоведение», № 12.

Лазарев А. М. 1939. О причинах действия меди на болотных почвах. «Химизация соц. земледелия», № 7.

Михлин Д. М. и Колесников П. А. 1947. О дыхательных системах растений. «Биохимия», т. 12, вып. 5.

Крюкова Н. Н. 1949. Дыхательные системы ростков ячменя и их участие в адсорбции гликоколла. «Биохимия», т. 14, вып. 6.

Bailey L. F. a. Mc. Hargue J. S. 1944. Effect of boron, copper, manganese and zinc on the enzyme activity of tomato and alfa plants grown in the green house. Pl. Physiol., vol. 19, N 1.

Островская Л. К. и Окапенко А. С. 1948. Об окислительно-восстановительном режиме в растениях при питании их нитратным и аммиачным азотом. Научные тр. Ин-та физиологии растений и агрохимии АН УССР, № 1—2.

Бобко Е. и Панова Е. 1945. О влиянии повышенных доз меди на развитие растений на торфяных почвах. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 3.

Антипов-Каратаев И. Н. 1947. О подвижности меди в почвах. «Почвоведение», № 11.

[邓鴻举譯 任滬生校]

論某些化学元素对植物免疫学特性的影响

B. П. 尼洛娃　B. Ф. 拉舍芙斯卡婭

提高农作物的抗病力是社会主义农业中最重要的問題之一。寄生眞菌和細菌每年都使各种农作物的产量受到很大損失，因此，应該重視植物抗病力的問題。在生产中所引用和推广的抗病品种，經过一段时期以后往往丧失自己的抗病力，而不能滿足对該品种所提出的要求。这种品种免疫学特性的变化，是农业生产中常見的事。

保持品种的抗病力和提高感病品种的抗病力是首要的任务。

根据苏联农业生物科学的原理，新陈代謝因外界条件的影响而引起的变化是植物有机体变異性的基础。在一般生物学規律中，寄生眞菌也不例外。寄主植物是專性寄生物的生存和发育环境。

感病性就是植物能夠滿足寄生物对养料的要求，能夠保証它的生存条件，而不能抵抗寄生物的侵入和发育。

植物在一定程度上的抗病力，是由于植物和寄生物在某些具体环境条件下的进化过程中所奠定的各种生理和生化特性相互作用的結果。由此可見，植物的免疫性就是极強的抗病力。

破坏这两种有机体(寄主植物和寄生物)相互关系的性質，就可以提高抗病力或加重感病力。

通过对寄主植物的影响来控制抗病力，是提高植物对各种病害抗病力的最有希望的途徑。

用培育植物的方法来定向提高它的抗病力，应当認为是有系統地影响植物使寄主植物的生理和生化特性改变成不利于寄生物的因素。

在植物个体发育的初期，外界条件对植物的特性和遺传性状的形成影响最大。

种子的萌动期和发芽期，也就是植物刚進入活跃的生命状态时，特别是在通过阶段变化时（这是植物体最不稳定的时期），很容易受外界条件的影响。

在植物的最早发育阶段，外界条件能使胚和胚乳的內部特性发生极深刻的变化，因而从根本上改造有机体。

我們給自己提出的任务是打算使植物的化学本性获得定向变異，而提高小麦对某些寄生眞菌的抗病力。为了使植物的新陈代謝发生变異，我們将小麦种子在不同的无机盐类溶液里春化，或在播种前单独用这些盐类来处理种子。在这方面，最初的看法認为，盐类对种子的作用实質不是簡单地使种子机械的累积它在以后发育时所必須的各种元素，而是上述盐类对胚胎細胞質的膠体化学特性发生一种特殊的影响，从而使植物的生理和生化特性发生变異。

由于植物后期发育的外界环境条件不同，它的新的本質特性也可能有利于寄生物，也可能有害于寄生物。植物在其发育过程中所具备的这些变異，加深和累积起来，就能使植物有机体构成新的本質特性，並且能夠遺传下去。尽管有許多著作說明了关于研究各种无机物質对农作物的生长、产量和其他經济上有价值的性状的影响，至于个体作用的实質、某些多量和微量元素在新陈代謝过程中，也就是在使植物有机体和环境成为統一体的过程中的作用，还缺乏研究。我們至今还不能說明，寄主植物的某些生理和生化过程在寄生物的生活中究竟有什么作用。

在進行这項工作时，主要是注意如何提高小麦抗叶銹病（*Puccinia triticina*）的能力。然而，在实行任何一項措施时，都是有意識地改变植物的新陈代謝，提高它对某种寄生眞菌的抗病力。必須說明，这些变異也会影响植物对其他固有病害的抗病力。因此，我們进行了一些觀察，並且安排了一些試驗，以便研究小麦的散黑穗病、綱

腥黑穗病和条銹病。

供試驗的盐类有以下几种：KCl、$NaCl$、NH_4NO_3、$Ca_3(PO_4)_2$、$KMnO_4$、$ZnCl_2$、$CuCO_3$、$FeCl_2$、$MgSO_4$，NPK 混合液是由同容积的 NH_4NO_3、$Ca_3(PO_4)_2$、KCl 等盐类溶液組成的，試驗中也採用了 H_3PO_3。

由于試驗处理不同，上述盐类溶液或在春化时用来浸种，或在播种前用来进行間歇干燥式的浸种。

該項試驗是在全苏植物保护研究所普希金城的試驗地上进行的。小麦叶銹病的試驗是用春小麦品种基阿曼特（Диамант）和莫斯科夫卡（Московка）进行的。

至于用盐类处理种子的植株，在叶銹病的反应变化上，是在温室內給植物进行人工接种，然后利用副刺激素在田間進行觀察来研究的。

生物化学研究与生物学觀察同时進行，並使它們在取材和試驗期上尽量协調一致。

在小麦乳熟期，根据全苏植物栽培研究所用来調查叶銹病的質量标准来調查植株在田間的感病力。結果找出了植株的感病程度，在这方面最有代表性、实际上也最容易发現的就是基阿曼特小麦品种在感病力上的差異，該品种的种子曾用盐类溶液進行了間歇干燥式的浸种。

凡是用 $NaCl$ 和 KCl 盐类处理种子的試驗处理，感病強度都降低了 1—2 分。而用 $ZnCl_2$ 溶液处理种子的植株，則严重罹病，但同时发現它們的叶片組織有些变白，这是抗病力稍有提高的象徵。用 $CuCO_3$、$KMnO_4$ 和 $Ca_3(PO_4)_2$ 处理种子时，感病強度也提高了。

全苏植物保护研究所生物化学实驗室的工作确定，感染叶銹病的小麦品种在过氧化氢酶和过氧化物酶的活动性上，都比抗病品种高。当研究那些栽培在同一个地区內，但抗叶銹病能力不同的小麦种子和生有一片叶的麦苗时，也发現了这个現象。此外，有些专門的研

究肯定，寄主植物內过氧化氫酶的活动性与叶銹病的发展有直接关系。同时还发現，在叶片內过氧化氫酶活动性較高的地方，也就是在叶尖上接种时，叶銹病发展的最快，而在叶基部，也就是在过氧化氫的活动性最低的地方接种，則叶銹病的发展最慢。

寄主植物和專性寄生物的相互关系决定于营养特性，否則，寄生物就不会对寄主植物有严格的专一性。当然，寄主植物的过氧化氫酶並不是眞菌的营养对象。

以上所肯定的事实表明，凡是在过氧化氫酶活动較強的情况下進行新陈代謝过程的植物組織，都是小麦叶銹病最有利的营养环境。

因此，除了進行植物病理学鑑定之外（其目的是为了检查和計算在植物新陈代謝上所发生的变化），还要觀察过氧化氫酶和过氧化物酶活动情况的变化。以前所作的研究証明，經过試驗的品种在任何一种盐类处理中（在 4°C 和 12°C 温度下進行春化处理，並進行間歇干燥式的浸种），只有 $ZnCl_2$、NaCl 和 KCl 能使发芽种子和幼苗叶片內的过氧化氫酶和过氫化物酶的活动度低于对照。試驗中，以用水湿潤种子進行春化处理来作为用盐类溶液春化种子的对照。在这种情况下，$KMnO_4$ 和 $CuCO_3$ 通常都能提高上述两个小麦品种的过氧化氫酶和过氧化物酶的活动度。而該試驗中，所有其他处理在小麦新陈代謝和生理过程的強度上所引起的变化都不一样，这要看使用盐类的条件和品种特性而定。

由于 NaCl、KCl 和 $ZnCl_2$ 等盐类对种子的影响而引起过氧化氫酶和过氧化物酶活动性的变化，是小麦的新陈代謝向增強抗叶銹病力方面改变的象徵；而这两种酶的活动性由于 $KMnO_4$ 和 $CuCO_3$ 对种子的影响所发生的变化，則相反地表明小麦对这种寄生物的感病力加強了。

如果在温室內利用人工接种植株，然后将被接种的植株放在潮湿的小室內 24 小时，也就是放在最利于寄生物侵入和发展的条件

表 1 在 10 天麦苗的叶片內过氧化氫酶和过氧化物酶的活动度

品种	試驗处理	春化 4°C	春化 12°C	浸种-干燥	春化 4°C	春化 12°C	浸种-干燥
		过氧化氫酶的活动度*			过氧化物酶的活动度**		
莫斯科夫卡48	干种子(对照)…	—	—	391	—	—	86
	用水浸种………	315	398	400	58	83	86
	用盐类溶液处理种子:						
	NaCl ………	180	378	320	43	75	56
	KCl …………	181	381	328	50	76	60
	$ZnCl_2$ ………	182	358	300	48	80	70
	$KMnO_4$ ……	350	426	480	64	91	90
	$CuCO_3$………	362	397	500	66	95	95
基阿曼特	干种子(对照)…	—	—	402	—	—	85
	用水浸种………	398	528	371	62	90	91
	用鹽類溶液处理种子:						
	NaCl ………	378	508	356	55	77	43
	KCl …………	381	440	325	56	74	70
	$ZnCl_2$ ………	358	456	328	59	84	72
	$KMnO_4$ ……	426	552	474	77	95	80
	$CuCO_3$………	397	529	378	79	108	81

*过氧化氫酶的活动度是以 1 克鮮叶在 15 分鐘內放出 O_2 的毫升数来表示。

**过氧化物酶的活动度是以 1 克鮮叶排出 1/10 当量 $KMnO_4$ 的毫升数来表示。

下，那么就可以确定植物对叶銹病的反应变化。在这种情况下，所有供試驗的植株都严重地罹病了。这就是說植物以前在生理和生化特性上所发生的变化还不很大，以至于一当外界条件对寄生物最有利时，就不可能限制它侵入和发展。然而，对于植物体上寄生物的习性所進行的仔細而有系統的觀察（如：感染的快慢和強度、发病的速度、当寄生物长期寄生在植物上时組織中毒的速度和強度）表明，寄生物的营养环境，也就是用不同盐类处理种子的植物的本質特性是

有些差異的。发病最輕的常常是一些用 NaCl、$ZnCl_2$ 处理种子的植株，而发病最重的則是用 $Ca_3(PO_4)_2$ 处理种子的植株。但同时又发現，在 $Ca_3(PO_4)_2$ 溶液的影响下，植株組織中毒最慢。

因此，虽然是在最利于寄生物侵入和发育的条件下進行了生物学鑑定，根据鑑定的分数看不出植物在生理、生化状况上的变化，但是从許多不算明显的差異中，生物学家在試驗植株的免疫学反应上，毕竟可以找出一些区別。当不可能很精确地表达这些不太明显的生物学差異时，我們曾經通过測定寄生在这些植株上的寄生物的生理状況来确定它們。

我們用寄生物內过氧化氫酶的活动性来表示它的生理状況（参照图表）。



圖 1　溫度为 4°C 時，莫斯科夫卡-18 品种同一試驗处理內幼苗叶片和銹病菌的过氧化氫酶的活动度（15 分鐘內排出 O_2 的毫升数）

1.——叶片过氧化氫酶的活动度，

2.——銹病菌过氧化氫酶的活动度。

这些研究确定，在过氧化氫酶活动度最弱的植物上寄生的銹病菌，这种酶的活动性最強。同时在基阿曼特和莫斯科夫卡小麦品种上，以及每一个試驗处理內研究銹病菌时都发現了这个現象。

銹病菌的过氧化氫酶的活动性常常与植物的过氧化氫酶的活动性正相反。这說明，把那些曾用不同盐类处理过的种子栽培成的植

株当作寄生物的营养环境来看是有区别的，就是說，在植物体內实际上已經发生了某些生理、生化的变化。这些变化还不太深刻，因而不能在最利于眞菌的条件下，限制它侵入和发育，但这些变化可以改变寄生物的生理状况。

此外，植物在田間感病率的差異表明，在不同試驗处理內，寄生物侵入植物体內的条件也不一样。

我們打算在不同时期內把被感染的植株放在潮湿的小室內，来改变有利于寄生物侵入的条件，結果发現，在这种情况下，寄生物侵入的速度是不同的。試驗是用感銹病的基阿曼特植株，在感染温度13.5—22°C，最高温度25°C、最低温度8°C的情况下進行的。被接种的植株放在潮湿的小室內3、6、10和24小时。感染銹病的程度是按刚出現的和已形成的病斑数来計算(表2)。

表2　寄生眞菌侵入由不同盐类处理过的种子长成的植株的速度

放在潮湿小室內的時間	水	NaCl	KCl	$ZnCl_2$	$Ca_3(PO_4)_2$	$KMnO_4$	$CuCO_3$
	病斑数						
3 小時	0	0	0	0	0—1	0—4	0
6 小時	1—9	0—5	0—4	0—6	10—37	10—23	7—30
10 小時	50—70	40—50	50—70	50—70	50—80	50—80	50—80
24 小時	80—100	80—100	80—100	80—100	80—100	80—100	80—100

試驗証明，在用不同盐类处理种子的植株上，寄生物侵入的速度也不一样。用 $Ca_3(PO_4)_2$ 和 $KMnO_4$ 处理种子的植株放在潮湿的小室內3小时以后，就已經发現个别的病斑。

将时間增至6小时，我們发現用 $Ca_3(PO_4)_2$、$KMnO_4$、$CuCO_3$ 等盐类处理种子的植株，病斑数也增加了，而最早出現病斑的是用 NaCl、KCl 和 $ZnCl_2$ 处理种子的植株。

处理时間为10小时的时候，几乎看不到这些差異，而处理时間增至24小时的时候，植株染病的程度最高，同时，在感染率上的差異

也完全消失了。

上述事实表明，在略加限制寄生物侵入和发育的条件下，才能比較明显地看出植物体內所发生的变化。

当土壤內施入不同肥料时，各种小麦品种在田間染病強度降低的現象也可以用这些原理来解释。我們今年給冬小麦接种条銹菌时同样发現了这种現象。

1950 年，列宁格勒州的麦田发生了严重的条銹病，而叶銹病很輕。因此，可以借这个机会在小麦与条銹菌的关系上，对 4 个品种(波罗維切斯卡婭、冰草-小麦杂种-559、愛利特洛斯彼尔姆-529 和 ДС—7083) 進行鑑定。

1949 年的秋季，上述品种的种子用处理春小麦种子的盐类溶液進行間歇干燥式的浸种。

最有代表性的資料是从冰草-小麦杂种-599 上得到的，这可能是由于它比其余品种可塑性大的緣故。乳熟期对銹病所作的田間測定証明，用 NH_4NO_3、$Ca_3(PO_4)_2$ 和 $CuCO_3$ 溶液，特别是用 NaCl 溶液处理种子时，发現抗病力有巨大的变化(表 3)。用上述盐类溶液处理种子，使絕大多数植株的感病率都降低了，說明它們对条銹病的抗病力显著提高了。

表 3 用盐类溶液处理冬小麦种子对植株感染条銹病程度的影响

測定叶面感病程度的標準 (%)	对照	H_2O	NH_4NO_3	$CuCO_3$	$Ca_3(PO_4)_2$	NaCl
	感病植株的数目 (%)					
0	0	1	1	5	2	3
5—10	8	12	75	67	73	54
12—30	25	12	18	21	23	20
40—80	67	75	6	7	1	23

而其他品种的抗病力沒有很显著的提高，这說明，在使用播前处理种子的方法时，品种的独特性是不同的。

由此可見，用不同盐类溶液春化小麦和播种前处理种子，可以改变植物的生理、生化特性，提高它們的抗病力，降低它們对銹病菌的罹病率。

NaCl、KCl、$ZnCl_2$ 等盐类对改变春小麦的新陈代謝，提高它們的抗叶銹病力，影响最大；而 NH_4NO_3、$Ca_3(PO_4)_2$ 和 $CuCO_3$ 等盐类，特别是 NaCl 对提高冬小麦抗条銹病力，影响最大。植物的新陈代謝改变时，寄生物的新陈代謝也改变了。

播种前用同样几种盐类处理不同品种的种子，会引起不同的免疫特性的变化。

以上所談的播种前处理种子和植物体生理、生化特性的变化，在提高某种作物对其固有的几种病害的抵抗力上也有不同的影响。

播种前处理小麦种子对提高抗散黑穗病（*Ustilago tritici*）力和抗綱腥黑穗病（*Telletia tritici*）力有双重意义：（1）可以改变寄主植物的新陈代謝，增強其抗病力；（2）某些防病措施不仅影响植物，也影响了寄生物。

在以后的試驗中，凡是用盐类溶液春化种子的基阿曼特和莫斯科夫卡-48的小麦植株都是在進行人工接种散黑穗病后，再于第二年播种。关于发病植株的調查資料如表4所示。

該試驗結果說明，春小麦的种子实行普通春化处理（加水濕潤，温度为12°或4°C）即能提高植株对散黑穗病的抗病力。

在上述所有的盐类溶液中春化种子都能提高小麦对散黑穗病的抗病力。例如，以前曾用 KCl 和 NaCl 盐类春化种子（温度12°C）的莫斯科夫卡-48品种，对散黑穗病的抗病力最強，而基阿曼特品种，則以 NPK 混合盐类、$ZnCl_2$、H_3BO_3、$CuCO_3$、KCl 和 $Ca_3(PO_4)_2$ 春化种子的植株抗病力最強。

我們发現，用 NPK 等盐类混合液濕潤种子，並在温度4°C时春化种子的两个小麦品种（对它們来說是在不平常的条件下通过春化阶段的），抗散黑穗病的能力最強。此外，用 KCl、$ZnCl_2$ 和 $KMnO_4$

表 4 從接种用盐类溶液处理种子的植株时小麦对散黑穗病的罹病率

試驗处理	12°C 时春化		4°C 时春化	
	莫斯科夫卡-48	基阿曼特	莫斯科夫卡-48	基阿曼特
	染病程度 %			
干种子(对照)	26.4	37.2	26.4	37.2
用水浸种	5.0	11.7	12.5	23.6
用盐类溶液处理种子:				
NaCl	4.6	20.0	22.7	3.4
KCl	1.5	8.6	11.7	7.7
NH_4NO_3	12.1	30.3	17.5	3.5
NPK	8.8	2.7	7.5	1.1
$CuCO_3$	12.1	5.8	21.7	2.7
H_3BO_3	11.9	5.3	17.0	10.8
$ZnCl_2$	18.3	4.4	9.2	21.8
$KMnO_4$	8.7	13.7	11.7	4.0
$Ca_3(PO_4)_2$	20.3	9.3	17.0	16.9

等盐类处理种子，並在温度 4°C 时春化处理同样可以提高两个品种对散黑穗病的抗病力，而基阿曼特品种在用所有其他元素处理种子时也是如此。

播种前用不同盐类溶液处理种子可以加強寄主植物的不可感染性，正如以上所表明的，这种方法可以作为一項防病措施。

春小麦土隆（Тулун）3A/32 的种子天然感病率达 4%，播种前曾两次用 $KMnO_4$、Na_2HPO_4 和 $CuCO_3$ 等盐类溶液浸种，对照除了有未經处理的干种子外，还有两次用水处理的种子。浸种和随后种子干燥至风干状态交替更换（表 5)。試驗結果如下：

試驗处理	植株感病率(%)
未經处理的干种子(对照)	3.8
用水浸种	3.0
用盐类溶液处理种子:	
$KMnO_4$	1.6

Na_2HPO_4 ··· 2.3
$CuCO_3$ ··· 2.6

上述試驗結果証明，播种前用以上几种盐类处理种子，使小麦在田間对散黑穗病的感染率比干种子（对照）和用水处理的种子都低。有些盐类（如 $KMnO_4$）使小麦对散黑穗病的感染率几乎降低了 1/2。

显然，这是盐类对寄主植物和寄生物的新陈代謝都有作用的緣故。很可能在寄主植物的新陈代謝过程加強时所发生的作用，还不能消灭內部感染，只能延緩寄生眞菌的发育，断絕寄生物和寄主植物在新陈代謝上的联系，使眞菌无法在植物体內发育。在这种情况下，即使受到感染的种子也可能长出完全健壮的后代。

小麦網腥黑穗病的試驗証明，先用各种盐类溶液处理冬小麦的种子（波罗維切斯卡婭、冰草-小麦杂种-599、爱利特洛斯彼尔姆-529 和 ДС-7083），再进行人工接种时，則所有試驗处理內的植株，在罹病率上都比对照高，也就是說，預先处理冬小麦的种子不能防止植物在以后接种时不得病。

給春小麦莫斯科夫卡-48 和基阿曼特接种时（先在不同盐类的溶液內春化处理），由于用 $ZnCl_2$ 和 KCl 等盐类春化种子（温度为 4°C）而降低了感病程度。

播种前用 $CuCO_3$ 和 $KMnO_4$ 处理春小麦基阿曼特的种子（在自然条件下）可以大大減少严重感染散黑穗病的植株。

由此可見，播种前处理种子无論对改变植物的新陈代謝，加強它們对黑穗病菌的抵抗力，或作为一項防病措施“保护”植物不受寄生物的感染，都有一定意义。

直到目前，关于播种前种子处理的时間长短仍然是一个爭論着的問題。

根据許多事实可以認为，发芽种子在新陈代謝上的变化也影响了植物在以后发育过程中的化学特性。除了上述有关幼苗叶片的生

理、生化特性的研究外，又根据剑叶（抽穗前最后生出的叶片）的生物化学研究也可以得出类似的結論（表5）。

表5　微量元素对冬小麦劍叶生化特性变化的影响

試驗处理	冰草-小麦雜种-599号(6月10日)			爱利特洛斯彼尔姆-529号(6月22日)			波罗維切斯卡婭(6月23日)		
	总糖量	单醣	蔗糖	总糖量	单醣	蔗糖	总糖量	单醣	蔗糖
	占絕对干叶重的%								
未經处理的干种子(对照)	12.6	5.7	6.9	7.8	3.3	4.5	4.5	1.3	3.2
用水浸种(自来水)	11.3	7.2	4.1	7.4	2.9	4.5	4.8	1.7	3.1
用盐类溶液处理种子：									
KCl	12.3	8.3	4.0	8.1	2.4	5.6	6.0	1.8	4.2
NaCl	13.4	6.5	6.9	8.2	2.1	6.1	7.7	1.6	6.1
NH_4NO_3	15.3	7.3	8.0	8.5	2.6	5.9	6.0	1.4	4.6
$Ca_3(PO_4)_2$	10.9	6.7	4.2	7.7	2.0	5.6	6.4	1.5	4.9
$CuCO_3$	15.9	7.4	8.5	8.9	3.4	5.5	6.7	2.4	4.3
$KMnO_4$	15.5	8.5	7.0	8.5	3.5	5.0	5.4	1.2	4.2
$ZnCl_2$	14.1	6.1	8.0	8.1	3.5	4.6	4.8	1.4	3.4
H_3BO	13.6	8.0	5.6	8.3	3.6	4.7	6.7	1.4	5.3
$FeCl_2$	14.8	6.3	8.5	8.5	4.6	3.9	5.1	1.3	3.8
$MgSO_4$	14.3	6.3	8.0	8.1	2.9	5.2	5.4	1.1	4.3
NPK	13.4	6.1	7.3	8.2	2.7	5.5	4.9	1.5	3.4

从这些資料里可以看出，播种前用盐类溶液浸种和干燥交互更替，甚至对生长中的冬小麦植株（生长期比春小麦长很多）的化学本性也有良好的影响。

应該指出，我們在播种前处理种子时所試驗的各种微量元素盐类，以及其他一些微量元素可以显著增加小麦叶片的含糖量。决不該認为碳水化物合成作用的加強，仅仅是由于簡单地用水浸种和随后使其干燥而引起細胞質膠体化学特性改变的結果。

播种前只用水处理四次冬小麦的种子，並与干燥交互更替，不能增加冬小麦叶片的含糖量。

播种前用盐类溶液处理种子，在大多数情况下都能使叶片內可溶性糖的含量高于未經处理的干种子或用水处理的种子长成的植株（表 6）。在比較幼嫩的叶片內，含糖量的增加主要是单醣增加的結果，而在比較老的叶片內，則由于蔗糖增加所致。

然而，不能根据播种前用不同盐类处理种子对植物碳水化物代謝的效果有許多共同之点而錯誤地認为，每种盐类沒有独特的作用（表 6）。

表 6 微量元素对小麦劍叶总含氮量的影响

試驗处理	冰草-小麦雜种-599	爱利特洛斯彼尔姆-529
	总氮量占絕对干物重的百分率(%)	
干种子(对照)	0.17	0.08
用水浸种	0.11	0.09
用盐类溶液处理种子：		
NH_4NO_3	0.28	0.13
KCl	0.21	0.12
$MgSO_4$	0.20	0.10
$Ca_3(PO_4)_2$	0.10	0.06

从以上資料可以看出，用 NH_4NO_3 溶液处理种子可以增加剑叶內含氮物質的总含量。决不能認为，这是种子在播种前处理过程中机械累积含氮物質的結果，因为在播种前用 KCl 和 $MgSO_4$ 等盐类处理种子时也发生同样效果。同时，用 $Ca_3(PO_4)_2$ 溶液对冬小麦种子进行类似处理时並不能产生这种效果，有时甚至降低同龄叶片內含氮物質的数量。

关于某种元素对植物有机体的独特作用不能与这种元素在植物生活中的机能割裂开。遺憾的是植物生理学和生物化学还沒有足夠

的資料，来闡明大多数微量元素养分的生理功能和作用的机制。

播前处理种子的时間长短在試驗植株的产量上有很明显的反应。鑑定产量时对某些項目的分析結果，如百穗粒重、麦穗的結实性等清楚地証明，在春化种子或用盐类溶液处理种子（浸种与干燥交互更替）时，盐类对发芽种子的作用不是暂时的，而是在植物整个生活期間（包括株丛形成过程）都有影响（表7）。

从春小麦产量鑑定的分析結果上可以認識到播前处理种子的意义，但对提高春小麦产量最有效的是另外一些盐类（这些盐类也在播种前用来处理种子）。

表7　多量元素和微量元素对冬小麦 ДС-*7083* 品种产量的影响

試驗处理	百穗粒重（克）	一穗粒数超过30粒的麦穗所占的%
干种子（对照）	162.2	66
用水浸种	177.5	80
用盐类溶液处理种子：		
$KMnO_4$	141.9	81
NPK	172.7	90
$Ca_3(PO_4)_2$	173.0	81
$CuCO_3$	174.1	78
NH_4NO_3	176.4	79
$MgSO_3$	178.9	91
KCl	193.6	80
H_3BO_3	195.8	95
$FeCl_2$	200.2	96
$ZnCl_2$	203.5	99
NaCl	207.1	96

例如，与冬小麦正相反，对春小麦來說，$KMnO_4$ 和 $Ca_3(PO_4)_2$ 在大多数試驗处理內都使麦穗的結实性和种子的千粒重（增加6克）提高了。这些事实再一次說明，在社会主义农业中实际运用播种前以多量元素和微量元素盐类处理种子的方法时，应当考虑盐类的作

用特点、根据植物的个体发育特点及其以后的发育条件来确定播种前使用盐类处理种子的条件。盐类使用得当，不仅能定向改变植物的免疫学特性,而且也能显著增加产量。

結　論

1. 播种前用多量元素和微量元素溶液处理种子或春化种子,可以定向改变植物体內生理、生化过程的強度,使植物的免疫学特性也发生变化。

2. 用某种盐类溶液来影响发芽种子,可以增強植物对某种寄生眞菌的抵抗力，但同时在植物体內却为其他寄生菌創造了更有利的生长和发育环境。植物的后期发育条件是影响某种盐类对植物效果的决定性因素。因此,为了創造出抵抗多种寄生物的品种,必須制定一些用混合盐类来影响植物的方法和后期培育植物的方法。

3. 如果注意到不同品种对某种处理方法有不同的反应,也就是注意到品种的个体需要，就不会錯誤地認为，在播种前处理种子时，用一种方法就能在任何一个地区条件下提高任何一个品种的抗病力。

在不同地区內,經过种子处理后，植物体內的生理、生化过程进行的速度将由于品种的种性、所使用的盐类、使用条件和外界环境条件,即气候条件、土壤成分、农业技术、施肥,以及寄生物的特性等而不同。因此，必須在一定地区內，結合所有上述条件来研究这些問題。

4. 在苏联有关利用多量元素和微量元素来提高农作物产量的工作应当与提高这些作物的抗病力、抗虫力的工作緊密結合起来。

[鄧鴻举譯　陳耕陶校]

鋅在动物有机体和人体內的作用

A. O. 沃依納尔

早在 1863 年就已証明低等植物是需要鋅的，当时确定，鋅有刺激黑色篮状菌（*Aspergillus niger*）生长的作用。以后，这些研究又为布特克維奇进一步进展和証实。

已經証明有些細菌也需要鋅［如粘質沙雷氏菌（*Bacillus prodigiosus*），枯草桿菌(*Bac. subtilis*)在含鋅的培养基中会产生灵菌紅素和枯草桿菌素］。另外，眞菌、藻类、酵母和其他低等植物同样需要鋅。

俄罗斯学者古斯塔夫松在 1881 年首先指出，鋅对高等植物也是必需的元素。

事实上，以后的許多研究都証明，鋅在整个植物界內分佈相当普遍；証明它对禾本科植物、飼草、工业原料作物、蔬菜、果树（特别是柑橘和油桐树）的发育、生长和产量都有影响。鋅可以影响植物的受精作用，並影响卵細胞及卵細胞內胚的发育。

土壤內含鋅量不足或鋅被土壤微生物固定为植物不能吸收的难溶解的化合物，以致使植物缺鋅时，会引起各种病害：如花斑病（又叫斑点病）、柑橘的縮叶病、油桐树的"青桐病"、落叶果树的簇叶病（縮叶病）、胡桃的失綠病、玉米的白尖病（"白芽病"）等等。如供給植物一定数量的鋅化合物，則能預防或治好上述几种病害，这說明这种元素具有一种特殊作用。

有人研究过植物缺鋅时的形态变化和組織的化学本性的破坏情况。据推測，鋅、銅和錳、鉄一样，都是氧化还原过程中相互調合的成对的催化剂。很显然，鋅与含硫氫根化合物的轉化有关系，並調节細胞內的氧化还原电势。沒有鋅就会改变組織內氧化酶的活动性，破坏碳水化物、蛋白質和硫化物的新陈代謝。

鋅不足，但有 H_2O_2 时，植物組織氧化联苯胺的能力提高，这正說明缺鋅植物有初期病徵（体內植物生长素減少）的原因。植物生长素的消失显然是由于通过氧化途徑使其在組織內迅速失效所致。淡蓝色的滤光器可以加速这个过程，而紅色的滤光器能減少需鋅量，但不能代替它。加入異生长素所以能使植物生长良好，是因为植物对所需要的鋅的利用比所丧失的生长素（可以直接用鋅代替）增加得还快。如在培养基里加入鋅，甚至可以使得病严重的植株也会迅速出現生长素。

有人指出，缺鋅植株除了生长迟緩外，含水量也显著減少，而滲透压增高。

鋅是有机体直接合成色氨酸所不可缺少的元素。

鋅（或銅）不足与幼齡油桐树（就是无外部病徵的树亦是如此）的叶片光合作用速度的降低有密切联系。

有人指出鋅对植物利用 CO_2 的“黑暗反应”也有作用。鋅可以影响植物对氮的同化作用，鋅也是形成叶綠素和防止其分解所必需的元素。生长在鋅不足的条件下的植物缺乏叶綠素；相反地，含有丰富叶綠素的叶片必然含有大量的鋅。綠叶中的鋅可能与卟啉有关。

鋅-血卟啉比血卟啉更具有形成 H_2O_2 的敏光性，ZnO 甚至是 H_2O_2 光化学形成的敏化剂。有鋅-血卟啉存在时，葡萄糖和果糖的自行氧化作用就会加強。沒有鋅时，葡萄糖在植物体內的磷酸化作用就会受到破坏。根据什科里尼克的資料，鋅可以使叶內，特別是茎內的单醣与蔗糖含量增加。如果考虑到可溶性的碳水化物对植物抗寒力、抗旱力和抗盐力的作用，就应該把这一点認为是一件有利的事实。

不同的研究者都发現，鋅对柑橘的抗寒力有良好的作用（这种作用在一般施肥条件下是与錳、銅和硼一起发生的）。

什科里尼克曾提出了一个值得注意的理論：即微量元素可以影响植物有机体的胶体化学的改組。在証实这一理論时，有人指出，八

体內的含鋅总量与組織內的含鉄量大致相等（約为 0.5 克），而比含銅量高 4—5 倍。鋅是包含在器官和組織內的，多半与蛋白質組成容易分解的有机化合物。

在海生腹足綱（gastropoda）的代表者（*Sycotypus canaliculatus*）中曾經找到了呼吸蛋白；蛋白中除含銅外，也含有鋅，即所謂 гемосикотинин。在章魚（*Octopus*）的血液中发現有象血蓝朊的鋅蛋白。在人尿中曾确定有鋅卟啉化合物。

对含鋅蛋白質（金屬酶）仍需进一步研究。

成年人每公斤体重在一昼夜間需要 16 毫克鋅，儿童需要 4—6 毫克，初生嬰儿需要 0.3 毫克。

乳汁是一种含鋅少的食物，刚分娩后，乳汁內的含鋅量較高（季亚科夫和哥盧卡措娃）。初生嬰儿是利用在子宮內发育期間所积累在肝脏中的鋅。在生长旺盛和性成熟期間需鋅量最大，到哺乳末期，嬰儿体內的含鋅量最少，隨后由于轉为喂混合食物而又迅速提高。成年人体內的含鋅量是恆定的，但到老年时又开始增高。

口服或腸胃外注入的鋅大部分（0.9）經腸排出，小部分（0.1）由尿排出。

通常鋅隨尿排出的量不超过 1.5 毫克。即使从食物中服下大量鋅时（如用牡蠣作食物时），尿內鋅的数量也不会增加，多余的鋅全部隨糞排出。

据推想，腎脏无排出鋅的机能，尿內的微量鋅可能是腎脏內鋅化物新陈代謝的最終产物。

应用鋅的放射性同位素可以看到这种元素在器官內的代謝情况。給試驗动物靜脈注射放射性鋅，很快就从血浆中消失了，但却停滞在紅血球內。放射性鋅留在肝脏、胰腺、腎脏和垂体內的数量最多。放射性鋅主要由胰液和腸液分泌，一部分由胆汁分泌。在皮下、肌肉和腹膜內注射 Zn^{63} 时，其放射性仅局限在注射部位。

有許多因素可以影响有机体內鋅的代謝。喂給乳食时，鋅平衡

良好，喂酸性食料则会使鋅平衡不良(季亚科夫和哥盧卞措娃)。由試驗所引起的鹼中毒或酸中毒都能改变鋅在器官和血液間的分佈狀況。用紫外綫照射試驗动物，可以使鋅在动物机体內停留得更久。

显然，在一般条件下可以充分滿足有机体对鋅的需要，因为还沒有发現人畜有因食物內鋅不足而得病的。只有在用人为去掉鋅的日粮喂給試驗动物(家鼠、鼠)时，才发生缺鋅現象。

缺鋅的主要病徵是：生长停止，迅速消瘦，动物不安靜，毛无光泽，掉毛，发生类似癩皮病的皮炎和不姙現象。鋅不足时，組織內也会发生形态变化，組織的化学本性和新陈代謝受到破坏，肝和腎內过氧化氫酶的活动性降低，腸对含氮化合物的吸收速度減低，血液內尿酸的含量增加，随尿排出的肌酐量減少，胰朊酶的含量和胰腺液显著降低，腸磷酸酶和骨磷酸酶的活动性大大減弱。

研究者們确定，鋅对缺鋅动物的生长和寿命有良好的影响，同时对受精和繁殖过程也有重大作用。根据养蚕上所得的資料，凡是細胞活动旺盛之处，必含有多量鋅，性腺及其产物內含鋅最多。鋅对性激素和促性腺激素的活动性有肯定的影响。如，尿被 HCl 水解时，鋅盐可以显著提高尿的体外活动性 (экстрагенная активность)，加強脑下垂体前叶浸液的促性腺效用。

对注射了綿羊垂体浸液(加入一定数量鋅)的白鼠卵巢重量的研究，确定鋅盐可以使促性腺垂体浸液的活动力增強 49 倍。显然，鋅的作用在于延緩激素的吸收作用。

已經証明，鋅盐可以加強脑垂体后叶激素制剂的促黄体发生的活动性，削弱促卵泡成熟的活动性，但对以孕妇或摘除卵巢妇女的尿所制成的制剂沒有影响。

公牛的垂体制剂通常对鼠沒有影响，但加入鋅后就有促性腺作用。

鋅对其他某些垂体激素也有显著的影响，如已經証明，将垂体浸液与鋅盐混合注射或同时注射时，可以使前者的趋甲狀腺作用增強

85 %。

有人曾經发現，鋅对試驗动物垂体后叶浸液的抗利尿活动力有良好作用，而对健康人和尿崩症（diabetus insipidus）患者也同样如此。

关于鋅与腎上腺素之間的相互关系目前还不甚清楚。根据別廉什切因和什科里尼克的資料，在皮下分別注射硫酸鋅和腎上腺素，能使腎上腺素的高血糖作用增強。相反地，有些学者发現，鋅量过多时反而削弱了腎上腺素的高血糖作用，这是因为鋅使腎上腺素的吸收作用減緩的緣故。毫无疑問，上述两种物質的注射方法也是有关系的。只給动物注射鋅盐而沒有腎上腺素，无論是在患急性病或慢性病时都可产生明显的高血糖作用（別廉什切因和什科里尼克，布尔什切因）。

动物本体的原来狀况也有着重要作用。如果給狗长期注射葡萄糖使其得高血糖症，那么以后注射乳酸鋅时，将会引起严重的低血糖症。給狗肌肉注射少量鋅盐之后，耐糖曲綫性質改变：曲綫迅速达到极限，但並不太高。

关于鋅对胰島素的关系研究得相当透徹，虽然还有一些地方沒有弄清楚。例如，有人推測說，胰島素的低血糖作用与其中是否含鋅有关系，因为胰島素的結晶制剂一向都含有鋅，与多肽根有計量化学上的关系。已經利用放射性鋅确定了胰島素中的含鋅量是決定于其結晶所在的 pH 环境。看来，非結晶形不含鋅的胰島素制剂，其生物学活动性不見得比結晶的制剂来得低。但在胰島素和蛋白質的化合物中加入鋅，仍会使这些化合物具有重要的特性，很显然鋅在这里是与蛋白質胰島素結合在一起。

凡是含有鋅、动物胶、血紅蛋白中的血球素、魚精蛋白及其他蛋白質的胰島素化合物均具有长时間作用的特性，可在临床实践上广泛利用。这种化合物內所含的蛋白質对于葯剂的活动力有一定作用。魚精蛋白-鋅-胰島素的作用比血球素-鋅-胰島素和胰島素本身

都好。从制造药剂到注射当中經过的时間也有影响，早制造的魚精蛋白-鋅(或精鹼)-胰島素就比刚制造出来的具有更长和更稳定的药效，因为在新制造出来的药剂中，胰島素、鋅和蛋白質之間的联系还沒有建立起来。含鋅蛋白質本身並不能对血糖的高低以及由胰島素所引起的血糖过少的現象发生影响。

阿里博夫曾进行了一些极有意义的研究，他証明，在糖尿病患者注射胰島素的地方，鋅的电游子透入比胰島素本身具有更长时間的低血糖效用。鋅的电游子透入对血糖高低並沒有影响。

由此可見，鋅抑制了胰島素的惊厥作用。

鋅和胰島素的注射性質有重要意义。根据别廉什切因和什科里尼克的資料，在家兔身体的不同部位上分别注射硫酸鋅和胰島素，低血糖效用沒有明显的变化。

斯考特和費舍尔（Scott a. Fisher）确定，动物得糖尿病时，胰腺內的鋅和胰島素減少，而长期得到鋅的动物，其胰腺內的鋅和胰島素則增加。但这些資料並非大家所公認的。

鋅与酶之間的相互关系有非常重要的意义。在金屬酶內含有一种特異的金屬即鋅，这种金屬酶只能在有破坏天然絡合物的試剂存在时才会被解离。最重要的含鋅酶就是碳酸酐酶——在一个蛋白分子上含有两个鋅原子的鋅复朊。精制的酶类制剂的活动力与其中的含鋅量成比例。紅血球內所含有的全部的鋅都是碳酸酐酶（斯米尔諾夫），这件事实使我們能够离开酶的活动力，根据鋅的数量来判断血液內酶的数量。

E. M. 克烈普斯及其同事們首先解决了关于碳酸酐酶在生理学和病理学上的作用等一些极重要的問題。碳酸酐酶普遍分佈在脊椎动物和无脊椎动物体內。在植物的叶綠体內也发現碳酸酐酶，因此这种酶的分佈是相当广泛的。根据克烈普斯及其同事們的資料，在不同病理狀况下（例如受到某些細菌毒素的影响），碳酸酐酶的分子会发生鈍化或被破坏，紅血球內也会积聚起酶作用不活跃的酶分子

的含鋅部分。鋅的无机盐类(和許多其他重金屬一样)可以抑制碳酸酐酶。这就引起一些职业性疾病,如鋅矿工人、含有数种金屬的車間和其他車間工人的血液碳酸酐酶的活动力降低就是中毒的初期病徵。

尿酸酶是一种氧化尿酸为尿囊素的催化酶,也是一种很难解离的金屬酶,其中所含的鋅是一种特異的金屬成分。尿酸酶制剂約含0.1%鋅。已經証明,在尿酸酶制剂精制过程中发現酶的活动性和其中的含鋅量是一致的。同时加在尿酸酶制剂中的鋅沒有活化作用。

关于鋅对某些酶系統(屬于容易解离,能进行离子交换,而且不含特異金屬的金屬酶)的重要作用已經被証明了,这些金屬酶的活动性受制于酶中无机成分的飽和程度。鋅不是这些酶的特異組成部分,但可以代替它們的天然金屬成分,而且能促使它們活跃起来。例如,当有机活化輔剂——氨基酸——的数量合适时,鋅能够使磷酸酶活跃起来。缺鋅的家鼠,其腸磷酸酶的活动性所以降低是由于在这种情况下,对氨基酸的吸收減弱的緣故。相反的,增加飲食內的含鋅量,則会增強磷酸酶的活动性。在玻璃器內的試驗确定,各种不同鋅盐都同等程度地強化着腸磷酸酶的活动力。

少量的鋅可以刺激細菌的焦磷酸酶。已經确定,一定濃度的鋅离子可以使正常人的血清中的鹼性磷酸酶活跃起来,对患有癌病的人,則起抑制作用。因此有人提出,可以利用这种差异来作癌病的早期診断方法。但这些資料还沒有得到証实。

当有机活化輔剂存在时,鋅也可以代替烯醇化酶中的天然金屬成分。受到半胱氨酸抑制的酵已醣酶,通常可以被鋅(和其他双价金屬的离子一起)感应过来,鋅也能使多肽酶活跃起来。有人指出,精制的脫氫多肽酶也含有鋅。

鋅显然是蛇毒卵磷脂的一种特異活化剂。現有一种关于毒素中的含鋅量与其核溶解活动力和溶血活动力間成平行关系的說法。鮎魚(Siluridae)的毒腺內也含有鋅。

鋅可以提高血液中过氧化物酶的活动性(安德烈伊切娃,西馬科夫)。

在某些酶化过程中,鋅盐起着抑制作用。

少量鋅可以抑制酵母酶的活动力。鋅能夠防止肌肉組織的水浸液形成乳酸。

科斯蒂切夫和他的同事們(茹勃科娃等人)曾經証明,鋅能夠改变酒精醱酵的性質:由于乙醛还原成酒精的过程受到阻碍,而使乙醛累积下来;大部分醱酵的糖都轉化为某种未知的醱酵产物。

科斯蒂切夫断定鋅盐对酵母酶的影响是直接的离子反应,不决定于阴离子的性質。鋅盐可以使蔗糖酶失效。鋅可以使血液的凝固变慢和降低胆鹼脂酶的活动力。

有人发現,在試驗动物的血液內注入一定浓度的鋅盐后,血液內的过氧化氫酶就会受到抑制,另外,鋅也这样影响着血糖分解作用。

根据安德烈伊切娃的資料,鋅可以抑制、甚至完全中止血液內过氧化氫酶的作用,破坏血液的和馬鈴薯汁液的氧化酶,使胃朊酶的作用迟緩,阻碍胰朊酶的消化作用。鋅化合物对尿酶也是有毒的。鋅可以使恶性贅瘤組織內的蛋白酶的活动力减去二分之一。

应当考虑到鋅是一种金屬,它本身具有催化作用。例如,粉末狀的鋅(与其他金屬一起)可以加速維生素 A 的解离和失效作用。鋅粉对二硫基-硫氫基作用最大。

根据安德烈伊切娃的資料,鋅不具备过氧化氫酶或氧化酶的活动力,但能夠发揮过氧化物酶的活动力。另外一方面,片狀鋅对抗坏血酸的解离作用最小,所以鋅制(或鋁制)的器皿最适于用来长时間煮沸乳汁。

鋅和某些激素及酶的活动力有如此密切的关系,是由于它对新陈代謝过程(醣代謝、蛋白質代謝和脂肪代謝)、氧化还原过程及谷胱甘肽的含量、肝脏的合成能力等有积极影响。

鋅与維生素之間的关系还不太清楚。有人打算証明,鋅的作用

类似維生素 B_1。而且想象一定食物中的含鋅量似乎与其中所含有的維生素 B_1 有关系。脚气病患者的表皮和另一些其他器官中的含鋅量要少一些。从鋅和硫胺素对一些离体器官的影响来看，它們之間有密切的生理的协同作用。至于鋅对植物形成維生素 C 和 P 的作用已如上述。

有些人試图更广泛地用鋅来治疗疾病，而不仅限于利用含鋅胰島素制剂和垂体激素制剂。根据观察結果，癌瘤內的含鋅量是較高的，兹拉塔罗夫推測說，应該把这个現象看成是一种有利的徵狀，是一种自癒現象，好象是有机体“保护自身”，抵抗癌瘤細胞的扩展，如果注意到鋅可以抑制蛋白酶的活动性，刺激过氧化物酶，恢复組織的正常呼吸作用，那么就更可以了解这一点了。

兹拉塔罗夫和他的同事們根据这些极可疑的理論假設，又提出用鋅化合物来医治恶性肿瘤。用放射性鋅医治各种器官的癌肿病时发現，将 Zn^{63} 注射到变性癌肿的子宫頸內，其局部的良好效果可以发展。同时，並未发現尿和血液內有放射性。将 Zn^{63} 注射到罹癌病的卵巢內，可以使肿瘤縮小，並大大減少水膨液的形成。

目前还不能說，鋅的影响究竟特殊到什么程度。大家都知道，有些癌病肿瘤內的含鋅量是較低的。例如，人得了皮肤性癌病时，癌瘤細胞內的含鋅量比正常的皮肤低 30—70%。給家兔的皮肤擦以甲基胆蒽可以減少表皮內的含鋅量。有些人打算用鋅化合物作为医治貧血病时刺激造血作用的葯剂。

已經发現，在喂給含有 0.5 毫克鉄的全乳日粮中每日加入 0.1 毫克鋅，能使家鼠（用实驗食料使其患貧血病）紅血球和血紅蛋白的再生作用加速一倍。然而这些資料还需要加以严格的检驗。

根据某些观察，用加鉄，但不含一点銅的乳汁飼养动物时，鋅盐不能刺激血紅蛋白的再生作用。

也有一些人試图用鋅来治病。已經証明，抗坏血酸轉化为鋅盐可以提高疗效。

用鋅盐的电游子透入法来医治潰瘍病似乎已得到成功。

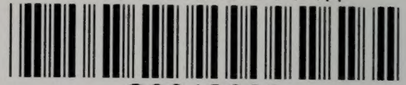
这些成就很可能是决定于已被証明的、鋅与乙醯胆素之間的相互关系（少量鋅可以活跃乙醯胆素的作用，削弱胆鹼脂酶的鈍化影响）。

有人指出，过氧化鋅对試驗所引起的鼠感染有良好影响。

研究者如果考虑到鋅对生长、发育和生殖过程的意义，就会用鋅做一些提高农畜生产率的尝試。

限于我們的任务，不可能把許多值得注意的有关鋅的葯理学和毒物学的問題一一談到。以上所述只是把鋅对动、植物有机体的作用极簡单地描述了一番，並且拟定出从多方面来研究这种微量元素的生物学作用的途徑。

［鄧鴻举譯　刘　昭　道良佐校］


中科院植物所图书馆
S0019200

統一書號： 13031·[illegible]

定　價： 1.80 元